



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**"NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE**

**INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**TESIS**

**"OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LINEAS AEREAS DE  
TRANSMISIÓN A TRAVES DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL EN LA  
REGION PUNO"**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. JOSMELL TITO CALDERÓN.**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA.**

**JULIACA – PERU.**

**2016.**

**II.**



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TESIS DE INVESTIGACIÓN

**"OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LINEAS AEREAS DE TRANSMISIÓN  
A TRAVES DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL EN LA REGION PUNO"**

PRESENTADO A LOS MIEMBROS DEL JURADO DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA.

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

**"INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA"**

REVISADO POR EL JURADO CALIFICADOR DEL  
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

PRESIDENTE

:

  
ING. FELIPE CHARAJA CUTIPA.

PRIMER MIEMBRO

:

  
ING. WALTER LIZÁRRAGA ARMAZA.

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
ING. ROBERTO JAIME QUIROZ SOSA.

EJECUTOR

:

  
BACH. JOSMELL TITO CALDERÓN.  
III.



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 091-2016-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 21 de junio de 2016.

**VISTOS.-** El Oficio N° 072-2016-D/EPIME-UANCV, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el Informe s/n del Presidente del Jurado dictaminador del Trabajo de Tesis, RESOLUCIÓN DECANAL N°030 -2015-D-FICP-UANCV, y con el acta de calificación de Perfil de tesis de fecha 01 de abril de 2015, y el acta de calificación del Borrador de Tesis de fecha 17 de junio de 2016, para optar al Título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctricista, con el tema titulado: "**OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LÍNEAS AEREAS DE TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL EN LA REGIÓN PUNO**".

**CONSIDERANDO:**

Que, el(los) Bachiller(es): **TITO CALDERON, JOSMELL**, ha presentado su Trabajo de Tesis Titulado: "**OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LÍNEAS AEREAS DE TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL EN LA REGIÓN PUNO**".

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el presidente de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías, nominó como Jurado a los siguientes Docentes:

- |               |   |                                       |
|---------------|---|---------------------------------------|
| * Presidente  | : | Ing. FELIPE, CHARAJA CUTIPA           |
| * 1er Miembro | : | Ing. WALTER JACINTO, LIZARRAGA ARMAZA |
| * 2do Miembro | : | Ing. ROBERTO JAIME, QUIROZ SOSA       |

Que, el Jurado Dictaminador ha aprobado en su integridad el Trabajo de Tesis titulado: "**OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LÍNEAS AEREAS DE TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL EN LA REGIÓN PUNO**".

Estando en la opinión favorable por el Presidente de la Comisión de Grados y Títulos, en concordancia al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria 30220, ley de creación de la UANCV 23738 y modificación, Resolución de Institucionalización 1287-92-ANR D.L. 739, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**SE RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.-** APROBAR, el TRABAJO DE TESIS, de el(los) Bachiller(es): **TITO CALDERON, JOSMELL**, para optar al Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Eléctricista**, con el Tema Titulado: "**OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LÍNEAS AEREAS DE TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL EN LA REGIÓN PUNO**".

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Tesis en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica**.

**ARTICULO SEGUNDO.-** La Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica**, el Secretario Académico de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
Mg. Ing. ALFREDO ZEGARRA BUTRÓN  
DECANO  
CIP: 32590



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
SECRETARIO ACADÉMICO  
Ing. Carlos A. Cáceres Vargas  
SECRETARIO ACADÉMICO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
CIP: 72725

C.c.  
Interesado  
Arch.



Primeramente agradecer a Dios por bendecirme y tener buena salud y bienestar, en lo laboral y también para toda mi familia.

A la **"UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**, por darme la oportunidad de ser un profesional y a los docentes por la enseñanza impartida.

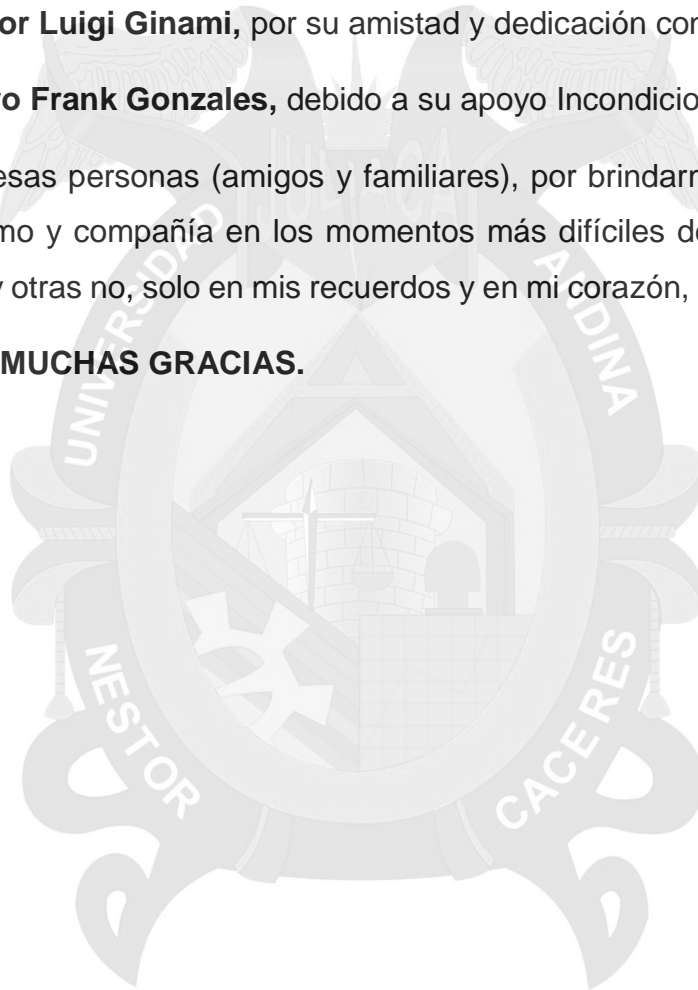
A mis **Padres E. Hernán y A. Olinda**, por estar siempre pendiente de mí.

Al **Monseñor Luigi Ginami**, por su amistad y dedicación constante.

Al **Ingeniero Frank Gonzales**, debido a su apoyo Incondicional.

Y a todas esas personas (amigos y familiares), por brindarme su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están presentes y otras no, solo en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar donde estén.

Para ellos: **MUCHAS GRACIAS.**



Josmell.



**A MIS PADRES:**

**E. HERNAN TITO SARA VIA y  
A. OLINDA CALDERÓN VEGA**

Porque me formaron con buenos hábitos, valores y gracias a su esfuerzo por educarme, ahora soy un ingeniero.

**A MIS HERMANOS:**

**CYNTHIA Y JOFRAN**

Por su gran apoyo, cariño y sobre todo sus recomendaciones.



Josmell.





**CAPITULO I:** Se ve claramente cuál es el aporte a la sociedad, además con este tipo de investigación, se crea una herramienta computacional que minimizara los costos de mantenimiento y hacerlo más eficiente.

También se plantea El Problema General, Problemas Específicos, Objetivo General, Objetivos Específicos, Alcances, Hipótesis General, Hipótesis Específicas, Variables Independientes, Variables Dependientes y el Planteamiento Operacional.

**PALABRA CLAVE:** Costos, Eficiencia.

**CAPITULO II:** Se explica los conceptos previos de una Línea Aérea de Transmisión, El Modelamiento (Línea Corta, Línea Media y Línea Larga), Los Parámetros Eléctricos, Parámetros Mecánicos, Concepto de Mantenimiento, Métodos Tradicionales, Métodos Modernos, La Herramienta Computacional y Secuencias de Eventos.

**PALABRA CLAVE:** Modelamiento, Parámetros, Métodos.

**CAPITULO III:** Se hace una breve introducción a los Procesos de Mantenimiento de las Líneas Aéreas de Transmisión, en que consiste el Mantenimiento, Clases de Mantenimiento, Ventajas de los diferentes tipos de Mantenimiento.

**PALABRA CLAVE:** Procesos, Clases.

**CAPITULO IV:** Se explica paso a paso como se hace el Cálculo para detectar por criticidad, que Línea Aérea de Transmisión (1006, 1011, 1012 y 1042) necesita Mantenimiento, también como se realizó La Herramienta Computacional, que aplica este cálculo por criticidad.

**PALABRA CLAVE:** Criticidad, Herramienta Computacional.



Herramienta Computacional, se explica el Algoritmo, las Estrategias (Entrada, Procesos y Salida), Diagramas de Flujo, Diseño de Interfaz de Usuario, Código de Programa, Manual de Usuario y las Pruebas (Resultados).

**PALABRA CLAVE:** Herramienta Computacional.

**CAPITULO VI:** Se hace una comparación entre los Cálculos Manuales y los resultados de La Herramienta Computacional (Línea 1006).

**PALABRA CLAVE:** Comparación.

**CAPITULO VII:** Se explica cuáles son las Conclusiones y Recomendaciones.

**PALABRA CLAVE:** Explicar.



**CHAPTER I:** It is clearly the contribution to society, along with this type of research, a computational tool that minimize maintenance costs and more efficient is created.

The General Problem, specific problems, General Purpose, Specific Objectives, Scope, General Hypothesis, Specific Hypothesis Independent Variables Dependent Variables and Operational Approach also arises.

**KEYWORD:** Costs, Efficiency.

**CHAPTER II:** Previous concepts of an Air Transmission Line, The Modeling (Short Line, Middle Line and Long Line) Parameters Electrical, Mechanical Parameters, Concept Maintenance, Methods Traditional, Modern Methods, Tool Computer and sequences of events is explained.

**KEYWORD:** Modeling, Parameters, Methods.

**CHAPTER III:** A brief introduction to the processes Airlines Maintenance of Transmission is done, that is maintenance classes Maintenance Advantages of different types of maintenance.

**KEYWORD:** Processes Classes.

**CHAPTER IV:** This step explains how to detect criticality calculation, that overhead transmission line (1006, 1011, 1012 and 1042) needs maintenance, it is also as Computational Tool was performed by applying the criticality calculation.

**KEYWORD:** Criticality, Computational Tool.





is explained Strategies (Input, Process and Output), flowcharts, Design User Interface, Program Code, User Manual and Testing (Results).

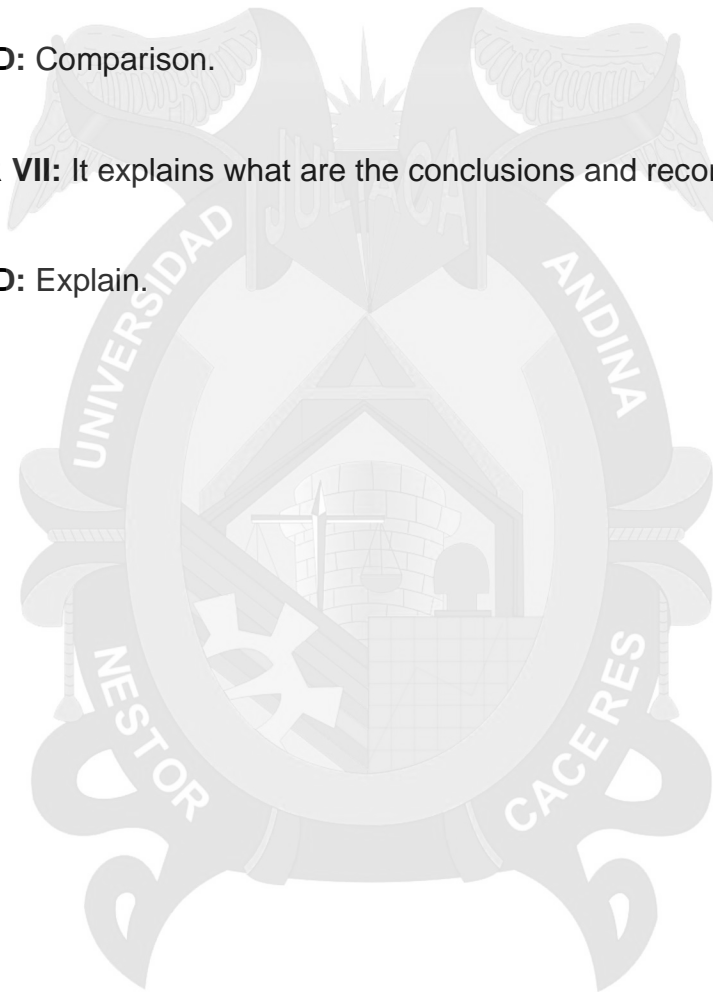
**KEYWORD:** Computational Tool.

**CHAPTER VI:** A comparison between the calculation results Manuals and Computational Tool (Line 1006) is made.

**KEYWORD:** Comparison.

**CHAPTER VII:** It explains what are the conclusions and recommendations.

**KEYWORD:** Explain.





## INDICE GENERAL

CARATULA.....	I
CARATULA.....	II
TESIS DE INVESTIGACION.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
ABSTRACT.....	IX

## CAPITULO I

### MARCO METODOLÓGICO

1.1 TITULO.....	10
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	10
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	10
1.3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.3.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.3.3.1 PROBLEMA GENERAL.....	11
1.3.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	11
1.4 OBJETIVOS.....	11
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.5 ALCANCES.....	12
1.6 HIPÓTESIS.....	12
1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	12
1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	12
1.7 VARIABLES.....	13
1.8 PLANTEAMIENTO OPERACIONAL.....	13

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES.....	14
2.2 PRINCIPALES LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN EN LA REGIÓN PUNO.....	15



2.4 LINEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN .....	18
2.4.1 MODELAMIENTO .....	18
2.4.2 PARÁMETROS ELÉCTRICOS .....	24
2.4.3 PARÁMETROS MECÁNICOS .....	36
2.5 MANTENIMIENTO .....	37
2.5.1 MÉTODOS TRADICIONALES .....	37
2.5.2 MÉTODOS MODERNOS .....	38
2.6 HERRAMIENTA COMPUTACIONAL .....	48
2.7 SECUENCIAS DE EVENTOS .....	48

### CAPITULO III

#### PROCESOS DE MANTENIMIENTO DE LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN

3.1 INTRODUCCIÓN .....	57
3.2 MANTENIMIENTO .....	57
3.3 CLASES DE MANTENIMIENTO .....	58
3.3.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO .....	58
3.3.1.1 VENTAJAS .....	58
3.3.1.2 FRECUENCIA DE REVISIÓN .....	59
3.3.1.3 SELECCIÓN DE DEFECTOS .....	59
3.3.1.4 CALIFICACIÓN .....	60
3.3.1.5 MÉTODOS .....	60
3.3.1.6 EQUIPOS PARA HACER EL MANTENIMIENTO .....	61
3.3.1.6.1 TELUROMETRO .....	61
3.3.1.6.2 OHMÍMETRO ANALÓGICO .....	61
3.3.1.6.3 RESISTENCIA SHUNT .....	62
3.3.1.6.4 OHMÍMETRO DIGITAL .....	62
3.3.1.6.5 MEGAOHMÍMETRO .....	63
3.3.1.6.6 MEDIDOR DE TENSIONES DE PASO Y CONTACTO .....	64
3.3.1.6.7 CÁMARA TERMOGRÁFICA .....	64
3.3.1.6.8 VERIFICADOR DE LA CONTINUIDAD DE CONDUCTORES .....	65
3.3.1.6.9 PÉRTIGA DETECTORA DE TENSION .....	65
3.3.1.7 ESTRUCTURA DEL MANTENIMIENTO .....	66
3.3.1.8 CONSTITUYENTES BÁSICOS DE LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN .....	66
3.3.1.8.1 CONDUCTORES .....	66



3.3.1.8.3 CABLES DE TIERRA .....	68
3.3.1.8.4 HERRAJES .....	69
3.3.1.8.5 AISLADORES .....	70
3.3.1.8.6 APOYOS .....	71
3.3.1.9 MANTENIMIENTO DE LOS CONSTITUYENTES BÁSICOS DE LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN .....	71
3.3.1.10 PUNTOS SOBRESALIENTES PARA VERIFICAR LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN .....	73
3.3.1.11 PUNTOS SOBRESALIENTES PARA VERIFICAR VISUALMENTE LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN .....	73
3.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	74
3.3.2.1 VENTAJAS .....	74
3.3.2.1.1 INSPECCIÓN VISUAL .....	74
3.3.2.1.1.1 IRREGULARIDADES .....	74
3.3.2.1.1.2 IRREGULARIDADES QUE INCITAN UNA FALLA .....	75
3.3.2.1.1.3 IRREGULARIDADES QUE NO INCITAN UNA FALLA .....	75
3.3.2.1.1.3.1 APARICIÓN RÁPIDA .....	76
3.3.2.1.1.3.2 APARICIÓN LENTA .....	78
3.3.2.1.1.4 REEMPLAZAR LOS ELEMENTOS POR IRREGULARIDADES ....	78
3.3.2.1.1.5 PLAN DE MANTENIMIENTO .....	78
3.3.2.1.1.6 HERRAMIENTAS .....	78
3.3.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	81
3.3.3.1 CLASES DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	81
3.3.3.2 PASOS PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	81
3.3.3.3 CAUSAS QUE PRODUCEN LAS AVERIAS .....	81
3.3.3.4 AVERÍAS TÍPICAS EN LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN ....	82
3.3.3.5 COMO REALIZAR LOS TRABAJOS EN LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN .....	83
3.3.3.6 MÉTODOS PARA LOCALIZAR AVERÍAS .....	83
3.3.3.7 EQUIPOS DE SEGURIDAD .....	83

#### CAPITULO IV

#### MANTENIMIENTO DE LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN POR CRITICIDAD

4.1 NOMENCLATURA .....	88
4.2 VOLTAJE .....	88
4.3 INDICE DE FALLA .....	88
4.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	89





4.6 FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO .....	89
4.7 VIDA ÚTIL .....	89
4.8 ACCESO .....	90
4.9 TIPO DE CIRCUITOS .....	90
4.9.1 SISTEMA ANILLO .....	91
4.9.2 SISTEMA RADIAL .....	93
4.9.3 SISTEMA RAMAL .....	93
4.9.4 CON RESPALDO .....	94
4.9.5 SIN RESPALDO .....	94
4.10 COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	94
4.11 CÁLCULO REALIZADO PARA EL CENTRO DECISOR .....	94
4.11.1 ECUACION PESO PORCENTUAL .....	95
4.11.2 VOLTAJE .....	95
4.11.3 COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	95
4.11.4 TIPO DE CIRCUITO .....	95
4.11.5 ÍNDICE DE FALLA .....	95
4.11.6 FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO .....	96
4.11.7 CARGABILIDAD .....	96
4.11.8 VIDA ÚTIL .....	96
4.11.9 UBICACIÓN GEOGRAFICA .....	96
4.11.10 ACCESO .....	96
4.12 CÁLCULO REALIZADO PARA LA MATRIZ DE NORMALIZACIÓN .....	97
4.12.1 ECUACION DE NORMALIZACION .....	97
4.12.2 DATOS INICIALES .....	97
4.12.3 VOLTAJE .....	98
4.12.4 COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	98
4.12.5 TIPO DE CIRCUITO .....	98
4.12.6 INDICE DE FALLA .....	99
4.12.7 FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO .....	99
4.12.8 CARGABILIDAD .....	99
4.12.9 VIDA ÚTIL .....	100
4.12.10 UBICACIÓN GEOGRAFICA .....	100
4.12.11 ACCESO .....	100
4.12.12 RESUMEN EN VALOR POR UNIDAD .....	101



PARAMETROS .....	102
4.13.1 VOLTAJE .....	102
4.13.2 TIPO DE CIRCUITO .....	103
4.13.3 FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO .....	104
4.13.4 VIDA ÚTIL .....	104
4.13.5 UBICACIÓN GEOGRAFICA .....	105
4.13.6 ACCESO .....	105
4.13.7 RESUMEN EN PORCENTAJES .....	106
4.14 CALCULO REALIZADO, PARA LA CONVERSION DE LOS PORCENTAJES .....	107
4.14.1 VOLTAJE .....	107
4.14.2 COSTO O&M .....	107
4.14.3 TIPO DE CIRCUITO .....	108
4.14.4 INDICE DE FALLA .....	108
4.14.5 FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO .....	108
4.14.6 CARGABILIDAD .....	109
4.14.7 VIDA ÚTIL .....	109
4.14.8 UBICACIÓN GEOGRAFICA .....	109
4.14.9 ACCESO .....	110
4.14.10 RESUMEN .....	110
 CAPITULO V HERRAMIENTA COMPUTACIONAL	
5.1 HERRAMIENTA COMPUTACIONAL .....	111
5.2 ALGORITMO .....	113
5.2.1 INGRESO AL SISTEMA .....	113
5.2.2 INGRESO DE DATOS .....	113
5.2.3 INGRESO DE DATOS Y NOMBRES .....	113
5.2.4 VISTA DE LOS RESULTADOS .....	114
5.2.5 MENU AYUDA .....	114
5.2.6 MENU ACERCA .....	114
5.2.7 ARCHIVO .....	114
5.3 ESTRATEGIAS .....	114
5.3.1 ENTRADAS .....	114
5.3.2 PROCESOS .....	115
5.3.3 SALIDAS .....	115



5.4.1 INGRESO AL SISTEMA.....	116
5.4.2 MENU ARCHIVO.....	117
5.4.3 MENU EDICION .....	118
5.4.4 MENU VER.....	119
5.4.5 MENU AYUDA .....	120
5.5 DISEÑO DE INTERFAZ DE USUARIO .....	121
5.6 CODIGO DE PROGRAMA .....	121
5.7 MANUAL DE USUARIO .....	159
5.8 PRUEBAS (RESULTADOS).....	161
5.9 ESTRUCTURA DE LA BASE DE DATOS.....	161

## CAPITULO VI

### APLICACIÓN DE LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN

6.1 COMPARACIÓN, MÉTODO MANUAL CON EL MÉTODO COMPUTACIONAL .....	162
6.2 CASO LÍNEA 1006 .....	162
6.3 MÉTODO MANUAL.....	162
6.3.1 ECUACIÓN PESO PORCENTUAL .....	162
6.3.2 CÁLCULO REALIZADO PARA LA MATRIZ DE NORMALIZACIÓN....	164
6.3.3 CALCULO REALIZADO EN LA ESTIMACION DE SUBDIVISION DE PARAMETROS.....	167
6.3.4 CALCULO REALIZADO PARA LA CONVERSION DE LOS PORCENTAJES.....	171
6.3.5 RESUMEN MÉTODO MANUAL .....	173
6.4 MÉTODO COMPUTACIONAL.....	173
6.5 INTERPRETACIÓN (PORCENTAJE FINAL) .....	174

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES .....	175
7.2 RECOMENDACIONES.....	176
7.3 FUENTES DE INFORMACIÓN .....	177
7.4 ANEXOS.....	180



FIGURA Nº 0 1: Sistema Eléctrico Convencional .....	16
FIGURA Nº 0 2: Diagrama de Tensiones Carga Resistiva .....	16
FIGURA Nº 0 3: Diagrama de Tensiones Carga Inductiva .....	17
FIGURA Nº 0 4: Diagrama de Tensiones Carga Capacitiva .....	17
FIGURA Nº 0 5: Línea Corta con Carga .....	19
FIGURA Nº 0 6: Línea Corta en Vacío .....	19
FIGURA Nº 0 7: Línea Media en Carga "T" .....	20
FIGURA Nº 0 8: Triángulo para el Cálculo de $P_2$ , $Q_2$ y $S_2$ .....	21
FIGURA Nº 0 9: Línea Media en Carga "π" .....	22
FIGURA Nº 0 10: Triángulo para el Cálculo de $P_2$ , $Q_2$ y $S_2$ .....	22
FIGURA Nº 0 11: Campo Magnéticos y Eléctricos en una Línea Bipolar .....	26
FIGURA Nº 0 12: Para n Igual a Uno .....	28
FIGURA Nº 0 13: Para n Igual a Dos .....	29
FIGURA Nº 0 14: Para n Igual a Tres .....	29
FIGURA Nº 0 15: Para n Igual a Cuatro .....	30
FIGURA Nº 0 16: Para Un Circuito .....	30
FIGURA Nº 0 17: Para Dos Circuitos .....	31
FIGURA Nº 0 18: Para un Circuito Simple .....	31
FIGURA Nº 0 19: Para un Circuito Duplex .....	32
FIGURA Nº 0 20: Para un Circuito Triplex .....	32
FIGURA Nº 0 21: Para un Circuito Cuadruplex .....	32
FIGURA Nº 0 22: Para Un Circuito .....	34
FIGURA Nº 0 23: Para Dos Circuitos .....	35
FIGURA Nº 0 24: Intervalo de Advertencia .....	44
FIGURA Nº 0 25: Significado de Figuras .....	56
FIGURA Nº 0 26: Telurómetro Digital .....	61
FIGURA Nº 0 27: Ohmímetro Analógico .....	61
FIGURA Nº 0 28: Resistencia Shunt .....	62
FIGURA Nº 0 29: Ohmímetro Digital .....	62
FIGURA Nº 0 30: Megaohmímetro Analógico .....	63
FIGURA Nº 0 31: Megaohmímetro Digital .....	63
FIGURA Nº 0 32: Medidor de Tensiones de Paso y Contacto .....	64
FIGURA Nº 0 33: Cámara Termográfica .....	64
FIGURA Nº 0 34: Verificador de la Continuidad de Conductores .....	65
FIGURA Nº 0 35: Pertiga Detectora de Tensión .....	65
FIGURA Nº 0 36: Conductor Eléctrico .....	67
FIGURA Nº 0 37: Accesorio para Empalme de Alta Tensión .....	67
FIGURA Nº 0 38: Caja de Conexiones de Acero .....	68
FIGURA Nº 0 39: Principio de Protección con Puesta a Tierra .....	68
FIGURA Nº 0 40: Herraje .....	69
FIGURA Nº 0 41: Cadena de Herrajes .....	69
FIGURA Nº 0 42: Cadena de Aisladores .....	70
FIGURA Nº 0 43: Cambio de Cadena de Aisladores .....	70
FIGURA Nº 0 44: Esquema de las Diferentes Clases de Apoyos .....	71
FIGURA Nº 0 45: Aisladores Sucios .....	76
FIGURA Nº 0 46: Aislador Roto .....	77





FIGURA Nº 0 48: Traje Conductor .....	80
FIGURA Nº 0 49: Pértiga Telescópica .....	84
FIGURA Nº 0 50: Guantes Aislantes .....	84
FIGURA Nº 0 51: Traje Conductor .....	85
FIGURA Nº 0 52: Método Aislantes .....	85
FIGURA Nº 0 53: Alfombra Aislante .....	86
FIGURA Nº 0 54: Escalera Aislante .....	86
FIGURA Nº 0 55: Equipo de Trabajo (1) .....	87
FIGURA Nº 0 56: Equipo de Trabajo (2) .....	87
FIGURA Nº 0 57: Sistema Anillo .....	91
FIGURA Nº 0 58: Sistema Anillo .....	92
FIGURA Nº 0 59: Sistema Anillo .....	92
FIGURA Nº 0 60: Red Radial .....	93
FIGURA Nº 0 61: Sistema Ramal .....	94
FIGURA Nº 0 62: Ingreso al Sistema .....	116
FIGURA Nº 0 63: Menú Archivo .....	117
FIGURA Nº 0 64: Menú Edición .....	118
FIGURA Nº 0 65: Menú Ver .....	119
FIGURA Nº 0 66: Menú Ayuda .....	120
FIGURA Nº 0 67: Diseño de Interfaz de Usuario .....	121
FIGURA Nº 0 68: Estructura de la Base de Datos .....	161



CUADRO Nº 0 1: Estructuras de las Líneas .....	15
CUADRO Nº 0 2: Información del Elemento .....	43
CUADRO Nº 0 3: Constituyentes Básicos .....	73
CUADRO Nº 0 4: Irregularidades.....	75
CUADRO Nº 0 5: Índice de Falla.....	89
CUADRO Nº 0 6: Datos Iniciales .....	97



## MARCO METODOLÓGICO

### 1.1 TITULO

**“OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL EN LA REGIÓN PUNO”.**

### 1.2 JUSTIFICACIÓN

#### **Aporte a la sociedad**

La optimización del mantenimiento de las líneas aéreas de transmisión permitirá mejorar la calidad de suministro, reducir costos de mantenimiento y prevenir riesgos de accidentes.

Se eligió este tipo de investigación por qué la optimización en el mantenimiento de las líneas de transmisión aéreas empleando una herramienta computacional se puede minimizar los costos de mantenimiento y hacerlo eficiente. Y sobre todo por la formación académica adquirida, podrá realizar la propuesta y lograr un aporte al problema planteado.

Nos permite mejorar aspectos operativos relevantes de un sistema o establecimiento tales como funcionalidad, seguridad, productividad, confort, imagen corporativa, salubridad e higiene. Otorga la posibilidad de racionalizar costos de operación.

Esta investigación compromete grandes cambios en el orden cognoscitivo y tecnológico.

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Actualmente las empresas que se dedican a la transmisión de energía eléctrica no dan a conocer como se realiza el mantenimiento, consecuencia de ello no existe una divulgación de sus métodos y procedimiento que permitan establecer alguna mejora, se han dado casos en el Perú de accidentes e interrupciones del suministro de energía por deficiencias en el mantenimiento como el caso ocurrido el 01 de diciembre de 2012 donde una torre de alta tensión de 138 KV se vino

Scorza, en San Juan de Miraflores - Lima, causando la muerte del trabajador de una empresa que presta servicios a la Red de Energía del Perú.

### **1.3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El desconocimiento de una metodología para optimizar el mantenimiento de las líneas de transmisión es un obstáculo para que este procedimiento se difunda y a la vez para que se pueda formular una mejora durante su aplicación.

### **1.3.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.3.1 PROBLEMA GENERAL**

**P.G.** ¿De qué manera se puede optimizar el mantenimiento de líneas aéreas de transmisión a través de una herramienta computacional en la región Puno?

#### **1.3.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

**P.E. 1.** ¿Cómo influye en el costo de mantenimiento la optimización de las líneas aéreas a través de una herramienta computacional en la Región Puno?

**P.E. 2.** ¿Qué métodos de optimización se utilizarán para el mantenimiento de líneas aéreas de transmisión a través de una herramienta computacional en la región Puno?

**P.E. 3.** ¿A cuánto asciende el ahorro que la investigación producirá para optimizar el mantenimiento de las líneas aéreas de transmisión a través de una herramienta computacional en la región Puno?

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

**O.G.** Optimizar el mantenimiento de las líneas de transmisión aéreas empleando una herramienta computacional.



**O.E. 1.** Determinar la criticidad de las líneas aéreas de transmisión para optimizar su mantenimiento.

**O.E. 2.** Mejorar la calidad y optimización de suministro de energía eléctrica utilizando el método por criticidad para el mantenimiento de las líneas de transmisión aéreas empleando una herramienta computacional.

**O.E. 3.** Aplicar el método de mantenimiento empleando una Herramienta Computacional, generando la optimización del ahorro en el mantenimiento.

### **1.5 ALCANCES**

**La optimización del mantenimiento se efectuara en la Zona C Área 1 (Región Puno).**

El lugar del desarrollo del trabajo de investigación se encuentra en el Área 01 de 3001 a 4000 msnm en la Región Puno, las Líneas de Transmisión de Energía del Perú y REDESUR fundamentalmente.

### **1.6 HIPÓTESIS**

#### **1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL**

La aplicación de una herramienta computacional permitirá optimizar el mantenimiento de las líneas aéreas de transmisión.

#### **1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

La optimización del mantenimiento de las líneas de transmisión empleando una Herramienta Computacional permitirá reducir sus costos.

**La optimización del mantenimiento de las líneas de transmisión mejorara la calidad de suministro.**

**El ahorro en el mantenimiento genera beneficios al concesionario brindando una buena calidad en el sistema eléctrico.**

## VARIABLES INDEPENDIENTES

- ✓ Línea de transmisión.
- ✓ Herramienta computacional.

## VARIABLES DEPENDIENTES

- ✓ Mantenimiento.
- ✓ Calidad de suministro.

### 1.8 PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

- ✓ **Técnicas e instrumentos de verificación:** Para el estudio de la variable y los indicadores se utilizara, técnicas del conocimiento de la línea de transmisión, datos históricos etc.
- ✓ **Ubicación espacial:** Se realiza en la Región Puno.
- ✓ **Ubicación Temporal:** El estudio se realiza en el año 2015.

## MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES

- ✓ **Jaime A. Gutiérrez gallego y Juan J. Mora Flores**, Creo el artículo de desarrollo de una estrategia de mantenimiento basada en RCM (Mantenimiento Basado en Confiabilidad) para líneas de transmisión de 115KV se basó en la aplicación de la metodología de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM por su acrónimo en inglés), a las líneas de transmisión de 115 KV. Específicamente se presenta un ejemplo de aplicación donde se elaboran las hojas de información y las hojas de decisión para este subsistema.

El artículo muestra la facilidad de aplicación de la metodología, así como los beneficios en cuanto a continuidad del servicio.

- ✓ **Alfredo López Tagle**, Fue entrevistado y dio a conocer la importancia del mantenimiento en el área de transmisión la cual se basó en que el mantenimiento, la Gerencia de Subestaciones y Líneas trabaja en otros aspectos: la modernización de las subestaciones que tienen entre 25 y 30 años de operación, puesta en servicio de nuevas instalaciones y la labor en actividades de restablecimiento de emergencia.
- ✓ **REDESUR (Red Eléctrica del Sur S. A.)**, Creó Técnicas de mantenimiento en equipos de alta tensión la cual se basó en:  
Mantenimiento soportado en forma integral por el sistema de gestión (Calidad, Seguridad, Medio Ambiente y Responsabilidad Social).
- ✓ Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.
- ✓ Mantenimiento Correctivo.
- ✓ Mantenimiento Preventivo.
- ✓ Mantenimiento Predictivo.
- ✓ Mantenimiento Detectivo.

Promover el desarrollo profesional y personal del equipo de mantenimiento orientado al cumplimiento de metas, fortalecido en valores.

- ✓ **Jaime Andrés Gutiérrez Gallego**, Realizo un trabajo de grado en Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para líneas de transmisión en alta tensión de la Universidad Nacional de Pereira Colombia

cual dijo que en el dinámico mundo actual, cualquier actividad productiva o de servicios está matizada por un significativo incremento del número y variedad de los activos que deben ser mantenidos, el cual muchas veces está asociado a diseños cada vez más complejos que exigen la aplicación de nuevas técnicas de mantenimiento.

## 2.2 PRINCIPALES LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN EN LA REGIÓN PUNO

- ✓ **LÍNEA 1006**  
Longitud (82.60 Km).
- ✓ **LÍNEA 1011**  
Longitud (78.00 Km).
- ✓ **LÍNEA 1012**  
Longitud (37.00 Km).
- ✓ **LÍNEA 1042**  
Longitud (43.50 km).

	LÍNEAS			
	1006	1011	1012	1042
ESTRUCTURAS	208	203	102	309
LONGITUD (KM)	82.60	78.00	37.00	43.50

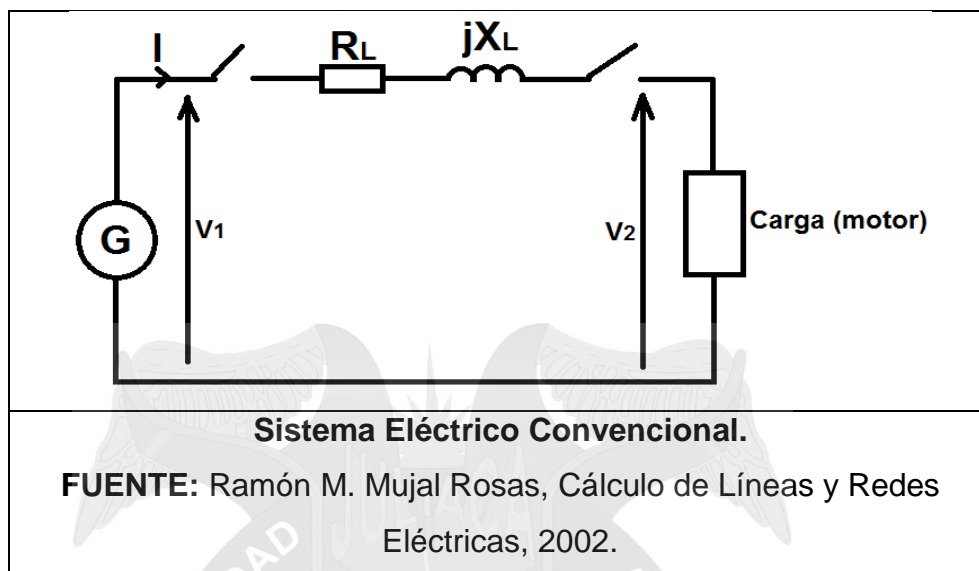
**Estructuras de las Líneas**

**FUENTE:** Red de Energía del Perú.

**CUADRO Nº 0 1**



Se puede expresar en el diagrama siguiente una línea aérea de transmisión.



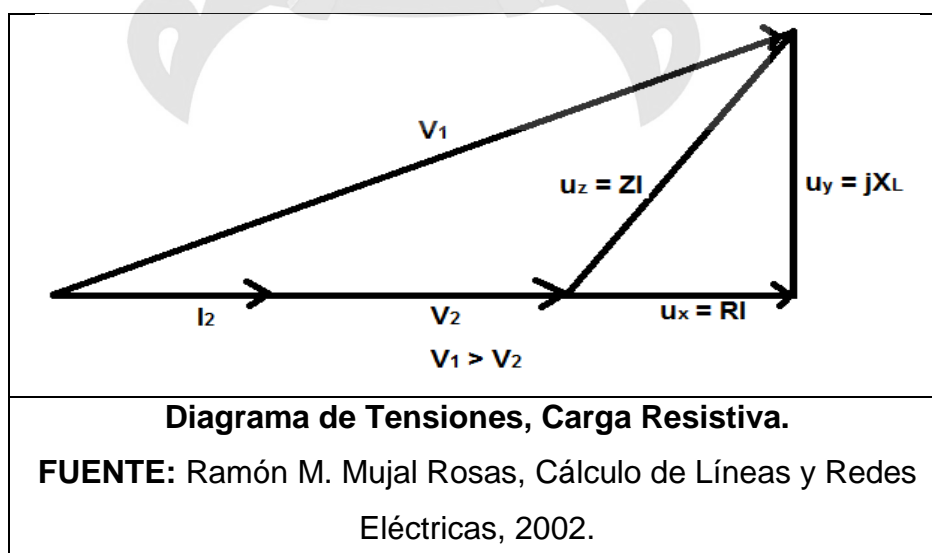
**FIGURA Nº 0 1**

Ahora veremos cómo afecta o que cambios sufre el circuito dependiendo de la carga.

- a) Carga Resistiva.
- b) Carga Inductiva Resistiva (Bobinas con Resistencias).
- c) Carga Capacitiva Resistiva (Capacitores con Resistencias).

**a) En Carga Resistiva**

La intensidad no sufre ningún desfase con respecto a la tensión.



**FIGURA Nº 0 2**

La intensidad sufre un desfase con respecto a la tensión que esta entre ( $0^\circ$  y  $-90^\circ$ ).

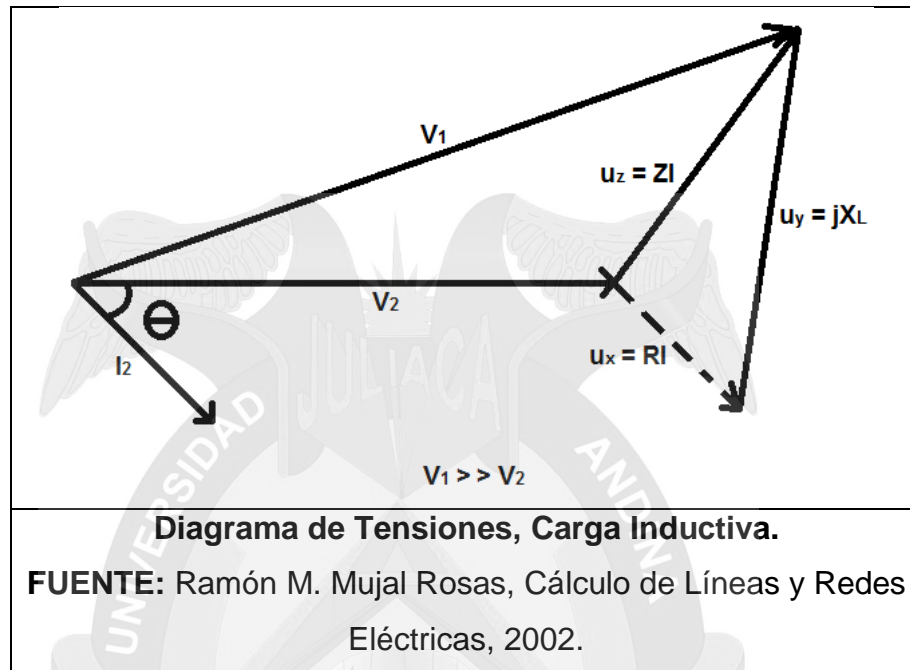


FIGURA Nº 0 3

### c) En Carga Capacitiva Resistiva

La intensidad sufre un desfase con respecto a la tensión que esta entre ( $0^\circ$  y  $90^\circ$ ).

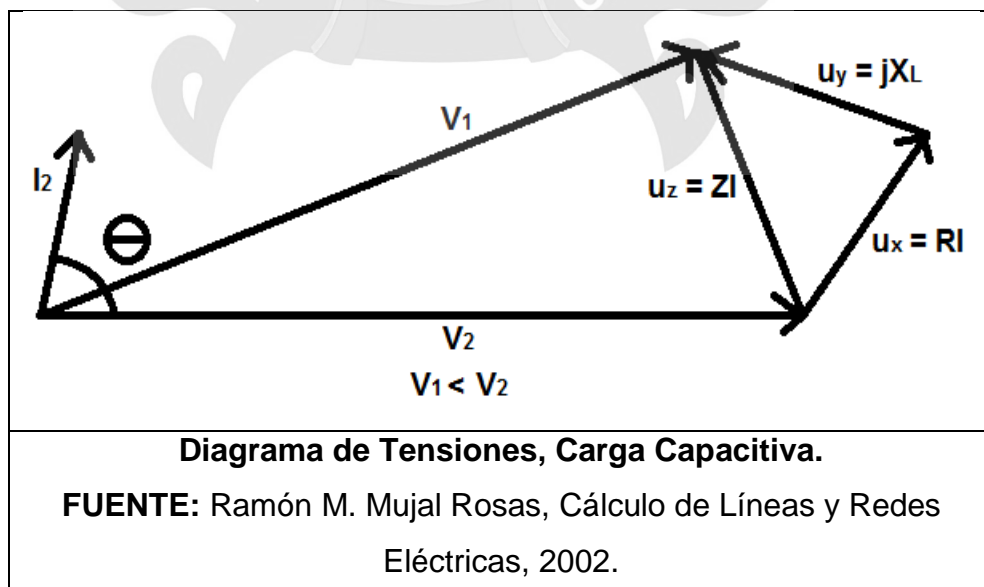


FIGURA Nº 0 4

manera:

$$\overline{Z}_L = (R + jX)$$

Donde:  $\overline{Z}_L$  = Impedancia.

$$\overline{Y}_L = (G + jB)$$

Donde:  $\overline{Y}_L$  = Admitancia.

## 2.4 LINEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN

### 2.4.1 MODELAMIENTO

Las líneas 1006, 1011, 1012 y 1042 son líneas que están entre línea corta y línea media.

Las líneas aéreas de transmisión son elementos conductores que llevan la energía de un punto (lugar) a otro (lugar).

Se puede decir que la línea y en función de la longitud de ella se clasifican en:

- a) Línea Corta (Longitud < 80 Km).
- b) Línea Media (Longitud entre 80 Km y 240 Km).
- c) Línea Larga (Longitud > 240 Km).

Tener en cuenta que, para el cálculo de líneas aéreas de transmisión, sería ver lo siguiente:

- ✓ La altura de los conductores es la misma en todo momento.
- ✓ Con respecto a los parámetros eléctricos, se mantiene con el mismo valor en todo momento.
- ✓ Las condiciones medioambientales, pueden variar en toda la longitud de la línea.
- ✓ Todo el sistema está conectado en estrella y si está conectado en triángulo se convertirá a estrella.

$$\overline{I}_{\text{Línea}} = \overline{I}_{\text{Fase}}$$

$$\overline{U}_{\text{Línea}} = \overline{V}_{\text{Fase}} * \sqrt{3}$$

Se puede decir que cuando tengo valores de  $P_1$ ,  $\overline{U}_1$ ,  $I_1$ ,  $Q_1$ ,  $\overline{S}_1$  obtendremos  $P_2$ ,  $U_2$ ,  $\varphi_2$ .

Con las longitudes menores a 80 Km se puede despreciar el efecto corona y efecto aislador (conductancia) y efecto capacitivo.

En las líneas cortas se tendrá dos circuitos equivalentes:

a.1) Con Carga.

a.2) En Vacío.

a.1) Con Carga

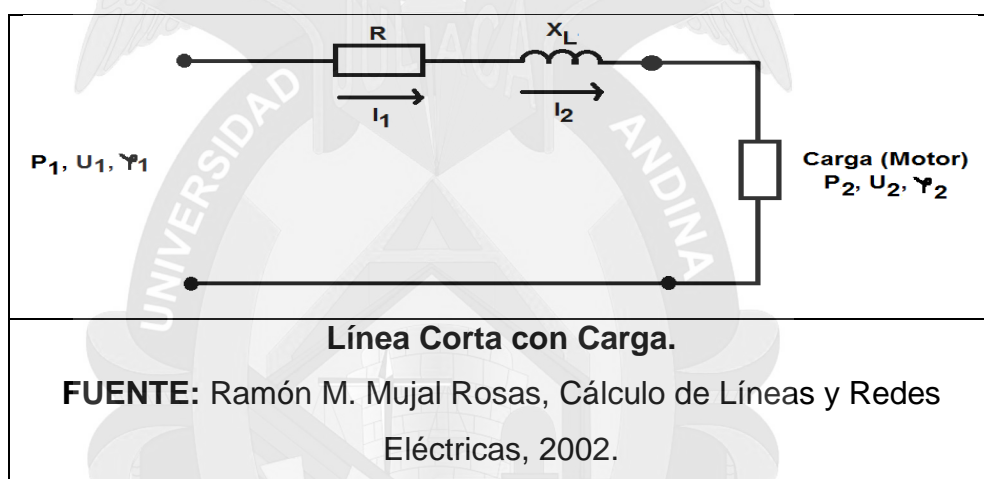


FIGURA Nº 0 5

Fórmulas para líneas con carga.

$$\bar{V}_1 = \bar{V}_2 + \bar{Z}I_2$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_1$$

a.2) En Vacío

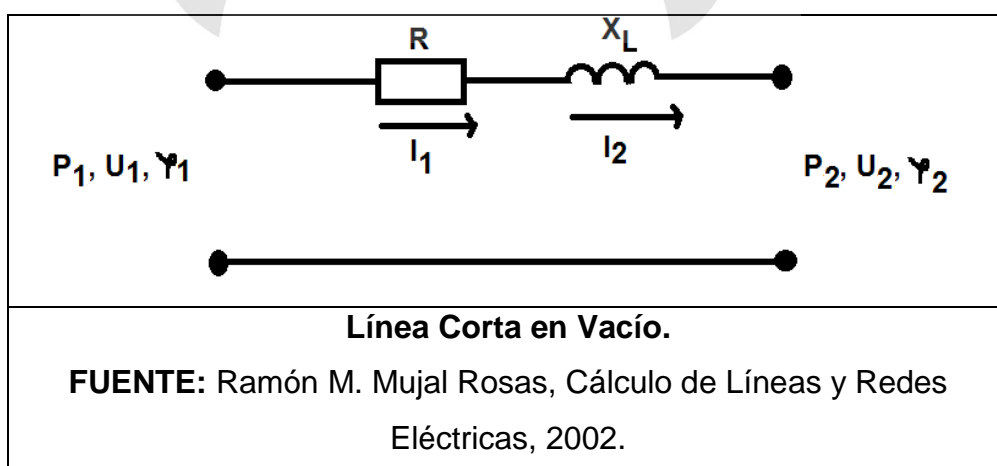


FIGURA Nº 0 6



$$\bar{I}_1 = \bar{I}_2 = 0$$

$$\bar{V}_1 = \bar{V}_2$$

**b) EN LÍNEAS MEDIAS Y CON LONGITUDES ENTRE 80 KM Y 240 KM SE CONSIDERAN**

- b.1) Con Carga.
- b.2) En Vacío.

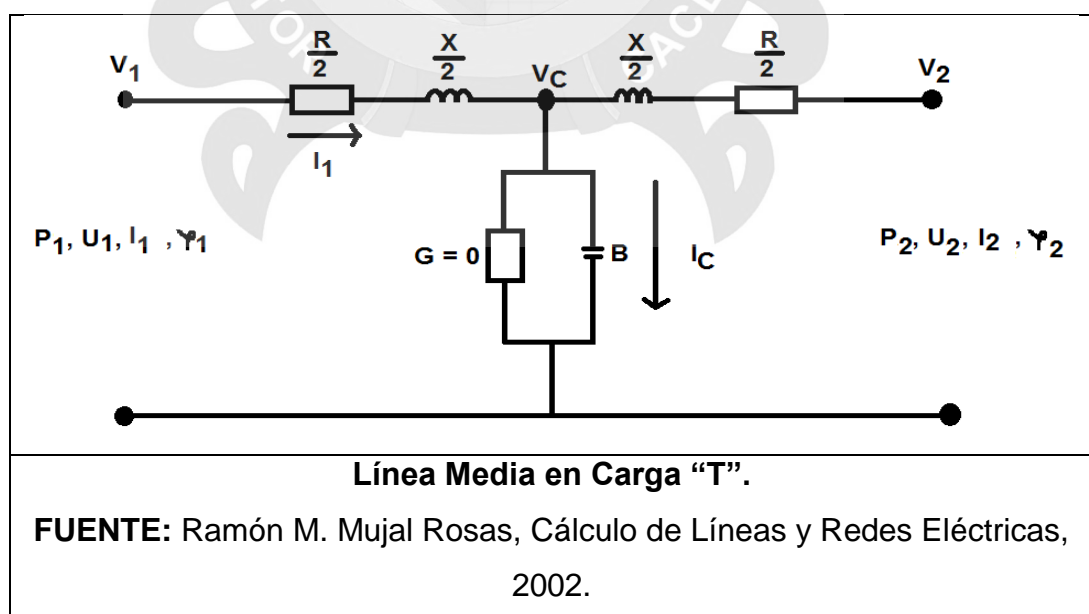
Además existen dos métodos en líneas medias.

- b.a) Circuito equivalente en "T".
- b.b) Circuito equivalente en "π".

b.a) El método de circuito equivalente "T".

- b.a.1) En Carga.
- b.a.2) En Vacío.

b.a.1) El circuito mostrado se asemeja a la letra T es por eso su nombre.



**FIGURA N° 0 7**

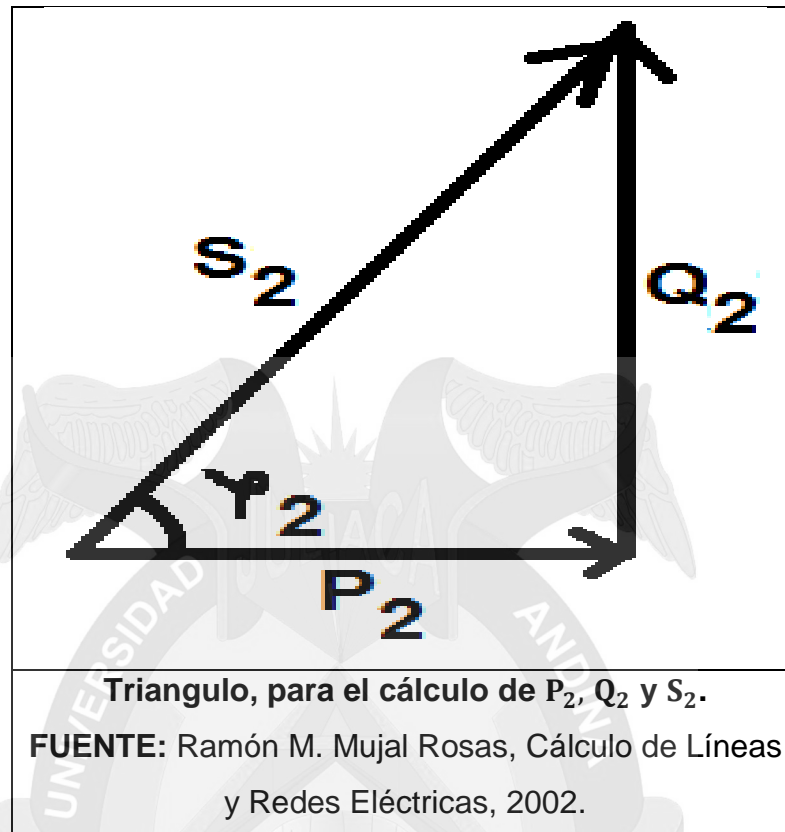


FIGURA Nº 0 8

Donde:

$$P_2 = S_2 \cdot \cos \varphi_2$$

$$Q_2 = S_2 \cdot \sin \varphi_2$$

$$\overline{S}_2 = \frac{P_2}{\cos \varphi_2}$$

Además:

$$P_2 = U_2 I_2 \sqrt{3} \cos \varphi_2$$

$$Q_2 = U_2 I_2 \sqrt{3} \sin \varphi_2$$

$$\overline{S}_2 = \overline{U}_2 \overline{I}_2 \sqrt{3} = (P_2 + jQ_2)$$

$$\overline{I}_2 = \frac{P_2}{U_2 \sqrt{3} \cos \varphi_2}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100$$

b.a.2) Aquí no existe  $P_2$ ,  $Q_2$  y  $S_2$  es igual a 0, también  $\varphi_2 = 0$ .

$$\overline{I}_1 = \overline{I}_C$$

$$\overline{I}_C = \overline{B} \overline{V}_C = \overline{B} \overline{V}_2$$

$$\overline{V}_C = \overline{V}_2 + \frac{\overline{U}_{Línea}}{2} \cdot \overline{I}_2 = \overline{V}_2$$

b.b) El método de circuito equivalente "π".

b.b.1) En Carga.

b.b.2) En Vacío.

b.b.1) El circuito mostrado se asemeja a la letra "π" es por eso su nombre.

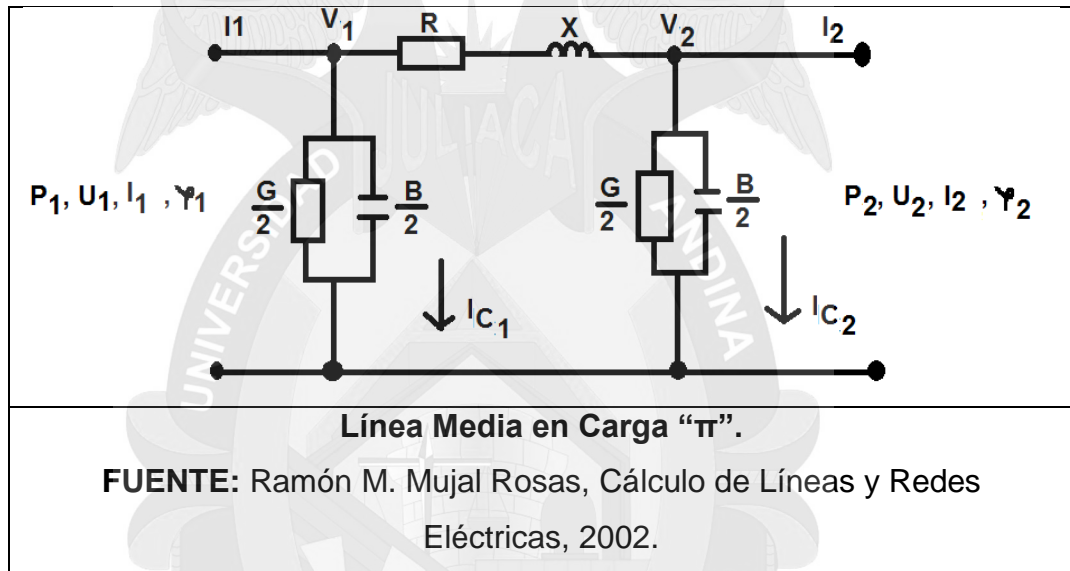


FIGURA Nº 0 9

Para el cálculo de  $P_2$ ,  $Q_2$  y  $S_2$  se sigue lo siguiente.

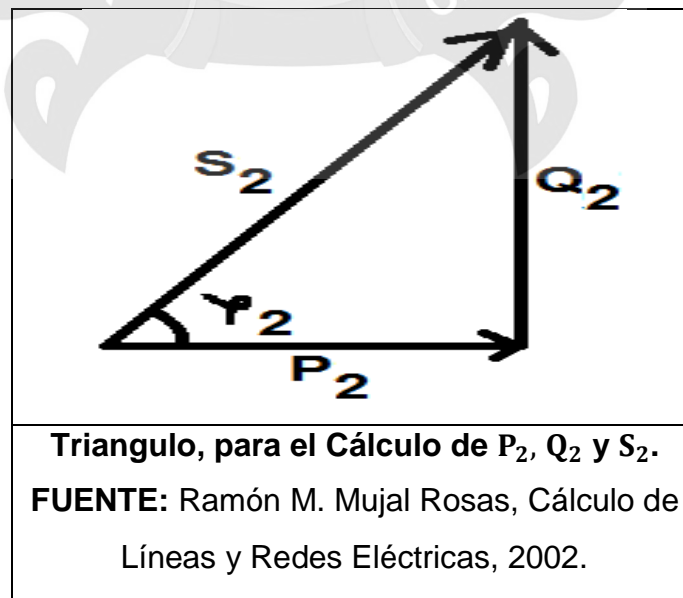


FIGURA Nº 0 10

$$P_2 = S_2 \cdot \cos \varphi_2$$

$$Q_2 = S_2 \cdot \sin \varphi_2$$

$$\overline{S_2} = \frac{P_2}{\cos \varphi_2}$$

Además:

$$P_2 = U_2 I_2 \sqrt{3} \cos \varphi_2$$

$$Q_2 = U_2 I_2 \sqrt{3} \sin \varphi_2$$

$$\overline{S_2} = \overline{U_2} \overline{I_2} \sqrt{3} = (P_2 + jQ_2)$$

$$\overline{I_2} = \frac{P_2}{U_2 \sqrt{3} \cos \varphi_2}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100$$

b.b.2) Aquí no existe  $P_2$ ,  $Q_2$  y  $S_2$  es igual a 0, también  $\varphi_2 = 0$ .

$$\overline{I_{C1}} = \overline{V_1} \cdot \frac{\overline{B}}{2}$$

$$\overline{V_1} = \overline{V_2} + (R_L + j X_L) \cdot \overline{I}$$

$$\overline{I} = \overline{I_{C2}} + \overline{I_2} = \overline{I_{C2}}$$

$$\overline{I_{C2}} = \overline{V_2} \cdot \frac{\overline{B}}{2}$$

$$\overline{I_1} = \overline{I_{C1}} + \overline{I}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100$$

### c) EN LÍNEAS LARGAS CON LONGITUDES MAYORES A 240 KM.

c.1) En Carga.

c.2) En Vacío.

$$c.1) \quad \overline{V_1} = \overline{V_2} \overline{A} + \overline{I_2} \overline{B}$$

$$\overline{I_1} = \overline{V_2} \overline{C} + \overline{I_2} \overline{D}$$

$$c.2) \quad \overline{V_1} = \overline{V_2} \overline{A} \quad \left. \begin{array}{l} \overline{I_1} = \overline{V_2} \overline{C} \end{array} \right\} \quad \overline{I_2} = 0$$

Ojo recordar que  $\overline{I_{Línea}} = \overline{I_{Fase}}$

$$\overline{U_{Línea}} = \overline{V_{Fase}} \cdot \sqrt{3}$$



- 1) Funciones Hiperbólicas y Circulares.
- 2) Desarrollo en Serie de Funciones Hiperbólicas y Circulares.

$$1) \quad \bar{A} = \bar{D} = \cosh \bar{\Theta}_C$$

$$\bar{B} = \bar{Z}_C * \sinh \bar{\Theta}_C$$

$$\bar{C} = \frac{1}{\bar{Z}_C} * \sinh \bar{\Theta}_C$$

Donde:

$$\bar{Z}_C = \sqrt{\frac{\bar{Z}_{\text{Línea}}}{\bar{Y}_{\text{Línea}}}}$$

$$\bar{\Theta}_C = \sqrt{\bar{Z}_{\text{Línea}} * \bar{Y}_{\text{Línea}}}$$

$$2) \quad \bar{A} = \bar{D} = \left[ 1 + \frac{\bar{Z}_L \bar{Y}_L}{2} + \frac{(\bar{Z}_L \bar{Y}_L)^2}{4} + \frac{(\bar{Z}_L \bar{Y}_L)^3}{6} \dots \dots \right]$$

$$\bar{B} = \bar{Z}_L \left[ 1 + \frac{\bar{Z}_L \bar{Y}_L}{3} + \frac{(\bar{Z}_L \bar{Y}_L)^2}{5} + \frac{(\bar{Z}_L \bar{Y}_L)^3}{7} \dots \dots \right]$$

$$\bar{C} = \bar{Y}_L \left[ 1 + \frac{\bar{Z}_L \bar{Y}_L}{3} + \frac{(\bar{Z}_L \bar{Y}_L)^2}{5} + \frac{(\bar{Z}_L \bar{Y}_L)^3}{7} \dots \dots \right]$$

Donde:

Línea menos de 80Km, solo un término.

Línea entre 80Km y 160Km, dos términos.

Línea entre 160Km y 240Km, tres términos.

:

Tener en cuenta que:

A es la tensión que se aplica al inicio de la línea (vacío).

B es la tensión que se aplica al inicio de la línea (cortocircuito).

C es la intensidad que se inyecta al inicio de la línea (vacío).

D es la intensidad que se inyecta al inicio de la línea (cortocircuito).

## 2.4.2 PARÁMETROS ELÉCTRICOS

Todos los circuitos eléctricos tienen los siguientes parámetros eléctricos:

- b) Inductancia (L) => Henrios.
- c) Capacidad (C) => Faradios.
- d) Conductancia (G) => Siemens.

### a) RESISTENCIA

Siempre toda resistencia se opone al paso de la corriente.

$$R = \frac{V}{I}$$

Pero la resistencia puede estar en función de sus parámetros físicos.

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Dónde: R = Resistencia ( $\Omega$ ).

$\rho$  = Resistividad ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ).

L = Longitud del Cable (m).

S = Sección del Cable ( $\text{mm}^2$ ).

Generalmente ocurre que la longitud de los hilos siempre es mayor que la longitud del cable, siendo:

$$L_{\text{Hilos}} > L_{\text{Cable}}$$

También ocurre que la sección del cable en su conjunto siempre es mayor que la sección del conductor, siendo:

$$S_{\text{Cable}} > S_{\text{Conductor}}$$

En cuanto a la resistencia, es el parámetro más importante de la resistencia ya que es ella la que define si un material es conductor o es aislante, también depende de la temperatura.

$$\rho_{\theta} = \rho_{20^{\circ}\text{C}} + \rho_{20^{\circ}\text{C}} * \alpha (T - 20^{\circ})$$

Donde:

$\rho_{\theta}$  = Resistividad a la temperatura deseada.

$\rho_{20^{\circ}\text{C}}$  = Resistividad a  $20^{\circ}\text{C}$  (Tablas).

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura a  $20^{\circ}\text{C}$  (Tablas)

T = Temperatura que se desea determinar ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Todo circuito, cuando circula corriente alterna por él, tiene la propiedad de almacenar energía en las bobinas en forma de campo magnético.

Siempre ocurre que cuando se forma campos magnéticos y eléctricos en el circuito, esto no representa las características del mismo.

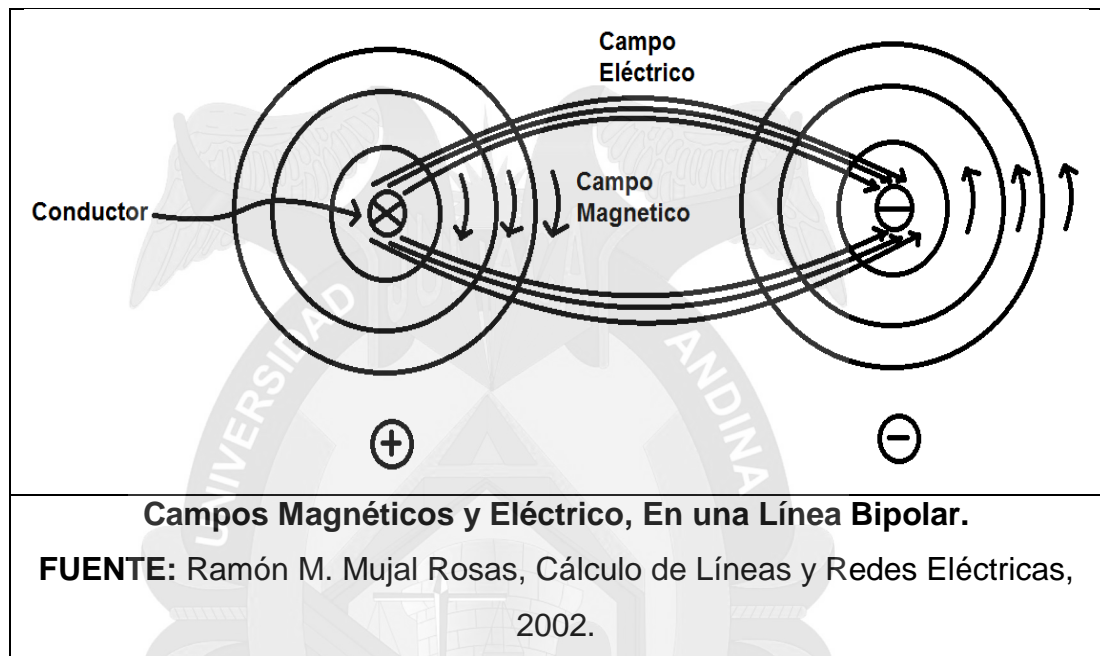


FIGURA Nº 0 11

Todo campo magnético, son círculos cerrados tanto en las cargas positivas como negativas, ahora en relación con el campo eléctrico, va de la carga positiva hacia la carga negativa.

En el campo magnético cuando ocurre una variación se produce una fuerza electromotriz (f.e.m) en el circuito.

Ocurre que la inductancia tiene la propiedad de relacionar la f.e.m con la velocidad de corriente (frecuencia).

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{L} = \sum i \quad \longrightarrow \quad \text{Ley de Ampere (Campos Magnéticos).}$$

Hay otras fórmulas más prácticas para el cálculo de las líneas eléctricas.

$$L = - \frac{e_{ind}}{\frac{di}{dt}} \quad \text{Dónde:} \quad e_{ind} = \text{Tensión Inducida por Campo Magnético.}$$

$$L = \frac{N^2}{R}$$

Dónde:  $N$  = Número de espiras o vueltas.

$R$  = Reluctancia.

También se sabe que la Inductancia esta en Henrios pero para aplicaciones eléctricas se tiene que expresar en ( $\Omega$ ), para pasar de henrios a  $\Omega$  se utiliza la expresión siguiente:

$$X_L = \omega * L = 2\pi * f * L \quad \text{Dónde: } L = \text{Inductancia.}$$

$\Omega$  = Pulsaciones ( $2 * \pi * f$ ).

$X_L$  = Reactancia Inductiva ( $\Omega$ ).

Se sabe que en corriente continua (DC) la frecuencia es nula y en corriente alterna (AC) la frecuencia tiene un valor producto de la corriente con respecto al tiempo.

DC  $\Rightarrow X_L = 0.$

AC  $\Rightarrow X_L = 2\pi * 60 * L;$  Para  $f = 60 \text{ Hz.}$

Con respecto a la Impedancia.

$$Z_{DC} < Z_{AC}$$

Si queremos expresar la Inductancia en (Henrios) aplicamos la siguiente formula:

$$L = \left[ \frac{\mu}{2 * n} + 2 * \ln\left(\frac{D_e}{r_e}\right) \right] * 10^{-4} * l \quad \text{Dónde: } \mu = \text{Permeabilidad.}$$

$n$  = Número de Cables por Fase.

$D_e$  = Distancia Media Geométrica entre Fases (mm).

$r_e$  = Radio Equivalente (mm).

$l$  = Longitud de la Línea (Km).

$L$  = Inductancia (Henrios).

Si queremos expresar la Inductancia en Henrios (Henrios/Km) aplicamos la siguiente formula:

$$L = \left[ \frac{\mu}{2 * n} + 2 * \ln\left(\frac{D_e}{r_e}\right) \right] * 10^{-4} \quad \text{Dónde: } L = \text{Inductancia en (H/Km).}$$



$$L = \left[ \frac{\mu}{2 \cdot n} + 4,6 * \lg\left(\frac{D_e}{r_e}\right) \right] * 10^{-4}$$

Dónde:  $L$  = Inductancia en (H/Km).

Se sabe que:

$$\mu = \mu_0 * \mu_r$$

Dónde:  $\mu$  = Permeabilidad.

$\mu_0$  = Permeabilidad Absoluta.

$\mu_r$  = Permeabilidad Relativa.

$$\mu_0 = 4 * \pi * 10^{-7}$$

$\mu_r$   Tablas

Para Valores de Permeabilidad.

$\mu = 1$    $C_u, A_l$ , aleaciones.

$\mu = 1$   Acero Galvanizado.

Como frecuentemente se usa  $C_u, A_l$  (aleaciones) el valor de la permeabilidad sería uno, sustituyendo en la formula anterior, quedaría de la siguiente manera:

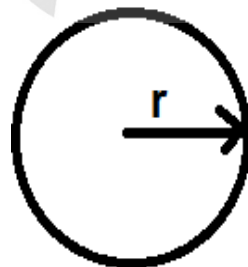
$$L = \left[ \frac{\mu}{2 \cdot n} + 4,6 * \lg\left(\frac{D_e}{r_e}\right) \right] * 10^{-4}$$

Dónde:  $L$  = Inductancia en (H/Km).

Radio Equivalente en función de los circuitos de transporte de energía eléctrica.

$$r_{\text{equivalente}} = \sqrt[n]{r * n * R^{n-1}}$$

Para  $n = 1$ .

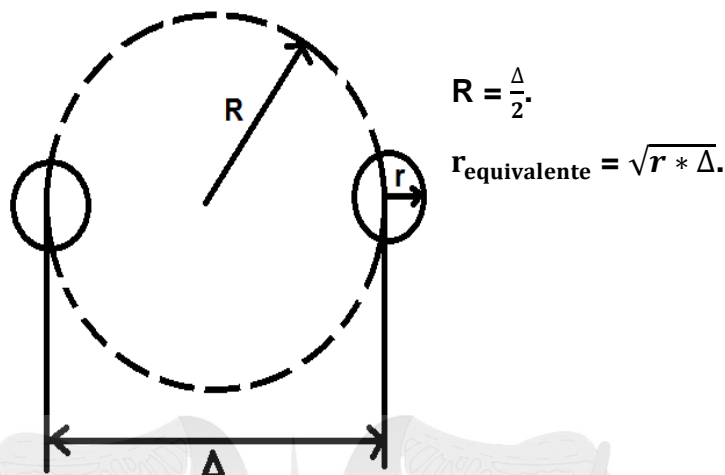


$$r_{\text{equivalente}} = r.$$

Para  $n$  Igual a Uno.

**FUENTE:** Ramón M. Mujal Rosas, Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas, 2002.

FIGURA Nº 0 12

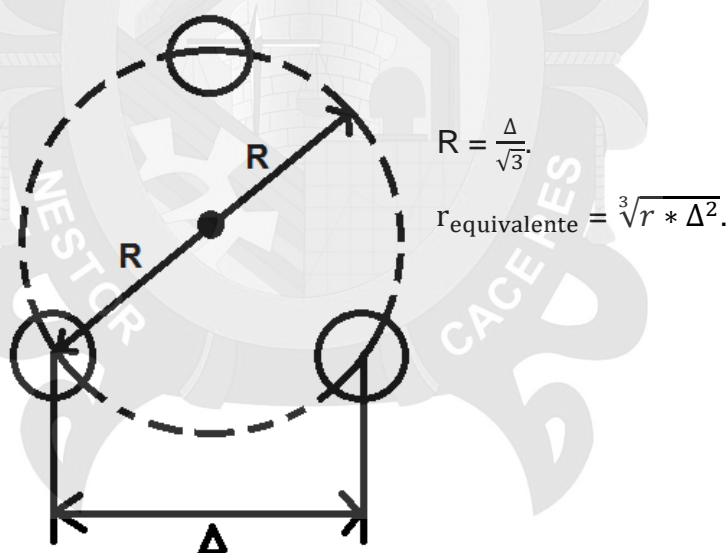


Para n Igual a Dos.

**FUENTE:** Ramón M. Mujal Rosas, Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas, 2002.

FIGURA Nº 0 13

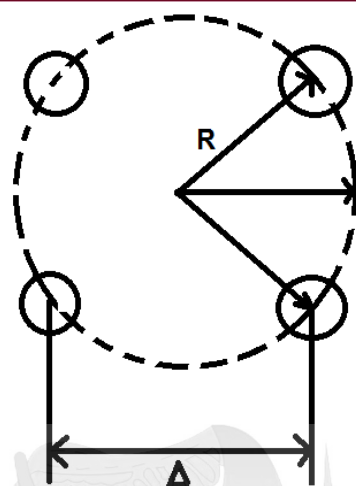
Para n = 3.



Para n igual a tres.

**FUENTE:** Ramón M. Mujal Rosas, Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas, 2002.

FIGURA Nº 0 14



$$R = \frac{\Delta}{\sqrt{2}}$$

$$r_{\text{equivalente}} = \sqrt[4]{\sqrt{2} * \Delta^3 * r}$$

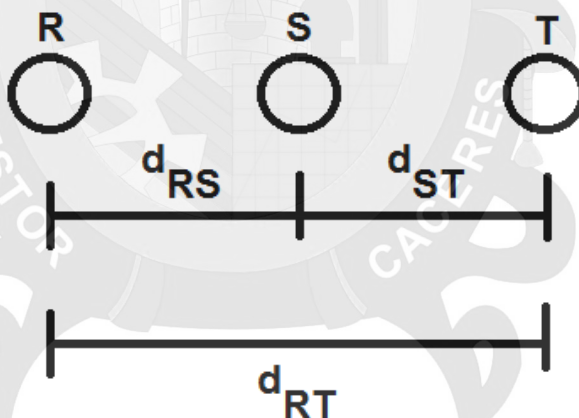
Para n igual a cuatro.

**FUENTE:** Ramón M. Mujal Rosas, Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas, 2002.

**FIGURA Nº 0 15**

Para saber el valor de la inductancia es necesario saber los valores de  $D_e$  y  $r_e$ .

**1 Circuito.**

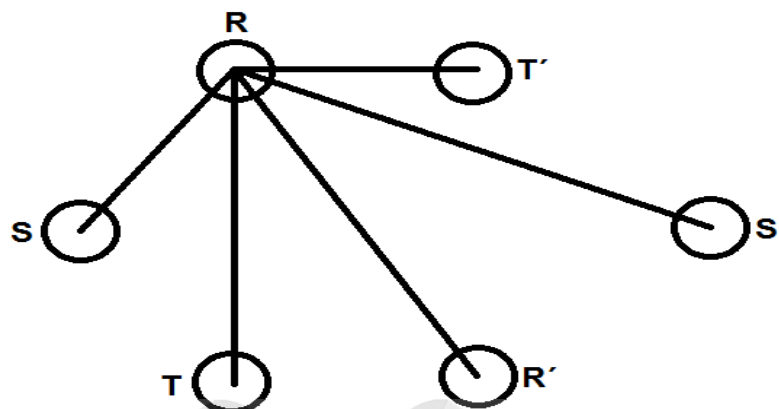


Para un Circuito.

**FUENTE:** Ramón M. Mujal Rosas, Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas, 2002.

**FIGURA Nº 0 16**

Donde:  $D_e = \sqrt[3]{d_{RS} * d_{ST} * d_{RT}} \text{ (m)}$



Para Dos Circuitos.

**FUENTE:** Ramón M. Mujal Rosas, Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas, 2002.

FIGURA Nº 0 17

Donde:

$$D_e = \sqrt[3]{d_R * d_S * d_T} \text{ (m)}$$

$$d_R = \frac{\sqrt[2]{d_{RS} * d_{RT} * d_{RS'} * d_{RT'}}}{d_{RR'}}$$

$$d_S = \frac{\sqrt[2]{d_{SR} * d_{ST} * d_{SR'} * d_{ST'}}}{d_{SS'}}$$

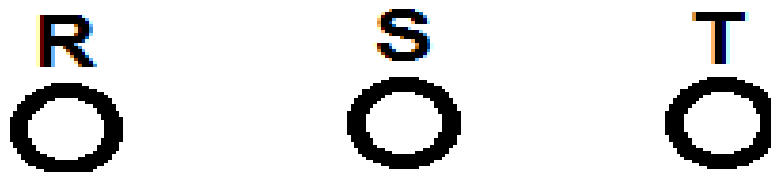
$$d_T = \frac{\sqrt[2]{d_{TR} * d_{TS} * d_{TR'} * d_{TS'}}}{d_{TT'}}$$

Ahora para saber el valor de la inductancia, en las diferentes disposiciones de los cables en las torres eléctricas, quedaría de la siguiente manera:

**1 Circuito.**

$$L = \left[ 0,5 + 4,6 \log \frac{D_e}{r} \right] * 10^{-4}$$

(Simple).



Para un Circuito, Simple.

**FUENTE:** Ramón M. Mujal Rosas, Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas, 2002.

FIGURA Nº 0 18



$$L = \left[ 0,25 + 4,6 \log \frac{D_e}{\sqrt[2]{\Delta * r}} \right] * 10^{-4} \quad (\text{Duplex}).$$



Para un Circuito, Duplex.

**FUENTE:** Ramón M. Mujal Rosas, Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas, 2002.

FIGURA Nº 0 19

1 Circuito.

$$L = \left[ 0,166 + 4,6 \log \frac{D_e}{\sqrt[3]{\Delta^2 * r}} \right] * 10^{-4} \quad (\text{Triplex}).$$



Para un Circuito, Triplex.

**FUENTE:** Ramón M. Mujal Rosas, Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas, 2002.

FIGURA Nº 0 20

1 Circuito.

$$L = \left[ 0,125 + 4,6 \log \frac{D_e}{\sqrt[4]{\Delta^3 * r * \sqrt{2}}} \right] * 10^{-4} \quad (\text{Cuadruplex}).$$



Para un Circuito, Cuadruplex.

**FUENTE:** Ramón M. Mujal Rosas, Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas, 2002.

FIGURA Nº 0 21

Se utiliza las mismas expresiones anteriores dividiendo el resultado final entre el número de circuitos existentes.

Para saber la inductancia total solo se multiplica por la longitud de la línea quedando de la siguiente forma:

$$L = L_X * \text{longi}$$

Dónde:  $L$  = Inductancia total (H).

$L_X$  = Inductancia ( $\frac{H}{Km}$ ).

longi = Longitud de la Línea (Km).

Y para el cálculo de la reactancia inductiva final quedaría de la siguiente forma:

$$X_C = L * \omega$$

Dónde:  $X_C$  = Reactancia Inductiva ( $\Omega$ ).

$L$  = Inductancia Total (H).

$\omega$  = Pulsaciones ( $2 * \pi * f$ ), para  $f$  en Hz.

### c) CAPACIDAD

El aumento o disminución de voltaje provoca la carga en los conductores, esta puede aumentar o disminuir.

La capacidad está dada por la ley de Gauss.

$$\iint B * ds = \sum Q_i$$

Otras fórmulas para calcular la capacidad.

$$C = \frac{q}{V}$$

Dónde:  $C$  = Capacidad.

$q$  = Carga sobre la Línea (Coulomb).

$V$  = Diferencia de Potencial entre Conductores (Voltios).

$$C = \frac{S * \epsilon}{d}$$

Dónde:  $S$  = Superficie.

$\varepsilon$  = Permitividad.

$$X_C = \frac{1}{\omega * C}$$

Dónde:  $X_C$  = Reactancia Capacitiva.

$$\omega = 2 * \pi * f.$$

$C$  = Capacidad.

Se sabe que la Reactancia Capacitiva es de signo negativo, mientras que la Reactancia Inductiva es de signo positivo.

Más fórmulas para calcular la Capacidad.

$$C = \frac{24,2 * 10^{-9}}{\log \frac{D_e}{r}}$$

Simple.

$$C = \frac{24,2 * 10^{-9}}{\log \frac{D_e}{\sqrt{\Delta * r}}}$$

Duplex.

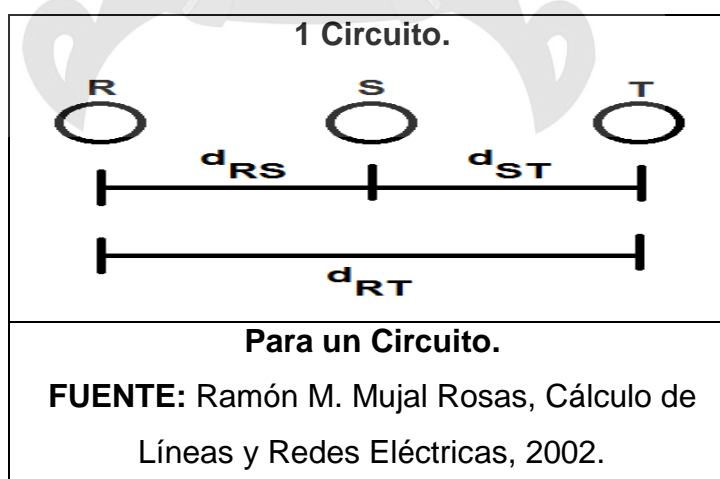
$$C = \frac{24,2 * 10^{-9}}{\log_3 \frac{D_e}{\sqrt{\Delta^2 * r}}}$$

Triplex.

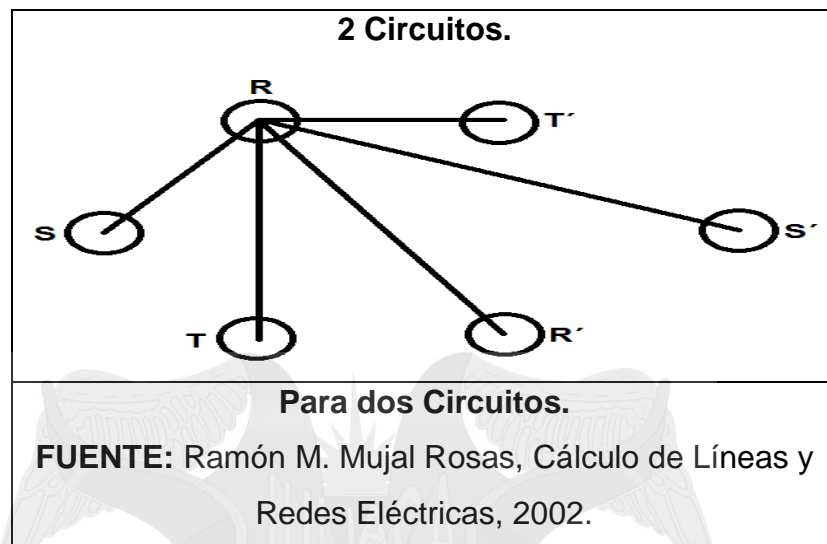
$$C = \frac{24,2 * 10^{-9}}{\log_4 \frac{D_e}{\sqrt{\Delta^3 * r * \sqrt{2}}}}$$

Cuádruplex.

Entonces para.



**FIGURA Nº 0 22**



**FIGURA N° 0 23**

Dónde:  $D_e = \sqrt[3]{d_R * d_T * d_S}$

$$D_R = \frac{\sqrt{d_{RS} * d_{RT} * d_{RS'} * d_{RT'}}}{d_{RR'}}$$

$$D_S = \frac{\sqrt{d_{SR} * d_{ST} * d_{SR'} * d_{ST'}}}{d_{SS'}}$$

$$D_T = \frac{\sqrt{d_{TR} * d_{TS} * d_{TS'} * d_{TR'}}}{d_{TT'}}$$

### Cálculo de la Capacidad Total

$$C_{TOTAL} = C * N^{\circ} \text{ de Circuitos.}$$

### Cálculo de la Susceptancia

$$B_X = \omega * C_{TOTAL}$$

Dónde:  $\omega = 2 * \pi * f.$

### Cálculo de la Susceptancia Total

$$B_{TOTAL} = B_X * \text{longitud}$$

Dónde: longitud en (Km).

La conductancia ofrece facilidad al paso de la corriente eléctrica.

Formulas:

$$P = V \cdot I \quad \longrightarrow \quad I = \frac{P}{V} \quad \longrightarrow \quad G = \frac{P}{V^2}$$

$$V_{\text{Fase}} = \frac{V_{\text{Línea}}}{\sqrt{3}}$$

Perdidas entre 3W – 5W, esto ocurre por el efecto aislador en lugares de poca humedad.

Perdidas entre 8W – 20W, esto ocurre por el efecto aislador en lugares de humedad.

Más fórmulas de Conductancia.

$$G_X = \frac{P_{\text{Fase}}}{V_{\text{Fase}}^2} \cdot 10^{-3}$$

Dónde:  $G_X$  (Siemens/Km).

$P_{\text{Fase}}$  (KW).

$V_{\text{Fase}}^2$  (KV)<sup>2</sup>.

**Conductancia total**

$$G_{\text{TOTAL}} = G_X \cdot \text{longitud} \cdot N^{\circ} \text{Fases}$$

Dónde:  $G_{\text{TOTAL}}$  (Siemens).

**Perdidas de Potencia Totales**

$$P_T = P_{\text{Aislador}} \cdot N^{\circ} \text{Aisladores.}$$

Los conceptos del presente Capítulo desde CONCEPTOS PREVIOS hasta CONDUCTANCIA es en base del Libro de Ramón M. Mujal Rosas. Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas. 1era edición. Barcelona: Edicions UPC; 2002. [12].

### 2.4.3 PARÁMETROS MECÁNICOS

Ver en anexos:



- ✓ Línea 1011.
- ✓ Línea 1012.
- ✓ Línea 1042.

## 2.5 MANTENIMIENTO

El mantenimiento es conservar las líneas aéreas de transmisión en buen estado, para que de esa manera los usuarios tengan una buena calidad de servicio.

Además es el conjunto de acciones, métodos que se debe realizar a las líneas aéreas de transmisión para evitar las fallas.

Dentro del mantenimiento existen los métodos tradicionales y métodos modernos.

### 2.5.1 MÉTODOS TRADICIONALES

En los métodos tradicionales tenemos los siguientes:

- a.1) Mantenimiento Predictivo.
- a.2) Mantenimiento Preventivo.
- a.3) Mantenimiento Correctivo.

#### a.1) El Mantenimiento Predictivo

Surge para disminuir los costos del mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

Este tipo de mantenimiento se basa principalmente en la vigilancia continua y vigilancia de los parámetros de las líneas aéreas de transmisión.

También detecta anticipadamente alguna falla o anomalía, sigue el comportamiento de la línea aérea de transmisión hasta que se diga que es peligroso.

Al realizar el mantenimiento predictivo, se debe realizar un historial de toda línea aérea de transmisión para llevar bien este tipo de mantenimiento.

Básicamente nace de la necesidad de corregir los errores del mantenimiento correctivo.

Este tipo de mantenimiento consiste en reemplazar periódicamente los diferentes elementos de las líneas aéreas de transmisión.

Todo esto en base a los criterios estadísticos, para saber qué fecha es la más indicada para realizar el mantenimiento.

Al hacer este mantenimiento se hace periódicamente la observación y correcciones de las líneas aéreas de transmisión.

El principal inconveniente de este tipo de mantenimiento es que tenemos que tener cuidado a la hora de elegir los tiempos para realizar las reparaciones, también si se acumulan muchas tareas preventivas (es un inconveniente). Si por ciertos factores el mantenimiento preventivo no soluciona el problema o la falla, entonces el mantenimiento correctivo sería la mejor opción.

### **a.3) El mantenimiento Correctivo**

Se realiza cuando ocurre una falla en la línea aérea de transmisión que consiste en la reparación o sustitución de las partes o elementos de las líneas aéreas de transmisión.

Este tipo de mantenimiento resalta más porque no necesita un elevado conocimiento para realizar la reparación.

El principal inconveniente es que se puede producir la parada de la línea produciendo pérdidas, también la no existencia de los elementos a sustituir para la línea.

## **2.5.2 MÉTODOS MODERNOS**

En los métodos modernos tenemos los siguientes:

- b.1) RCM o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.
- b.2) TPM o Mantenimiento Productivo Total.

Nace de la idea de mantener un elemento de la línea aérea de transmisión. "RCM (Reliability Centred Maintenance), su concepto principal es que tiene que hacer el mantenimiento para que cualquier elemento de la línea aérea de transmisión siga ampliando la función deseada".

Ahora para realizar un correcto mantenimiento se debe ver que funciones cumple cada elemento de la línea aérea de transmisión.

En función de lo siguiente:

- ✓ Costo o eficiencia, siempre se debe tener un límite al momento de gastar en la reparación o mantenimiento.
- ✓ Defensa o protección, el aumento de los elementos de la línea aérea de transmisión, hace que aumente la posibilidad de falla, pero existe más dispositivos que alertan al usuario para que esto no ocurra.
- ✓ Aspecto exterior o apariencia, tener en cuenta esta función ya que por ejemplo dentro de la apariencia tendríamos los colores resaltantes de las señales de seguridad.
- ✓ Mando o control, es frecuente que se pueda manipular los elementos de la línea pero también que cumplan las funciones que se quiere.
- ✓ Estable o seguro, se requiere que los elementos de la línea den la seguridad que se necesita, con mayor razón que no cause la muerte.
- ✓ Medio ambiente, la evolución no solo debe ser tecnológica si no también debemos estar al tanto con el medio ambiente.

Tener en cuenta siempre que:

- ✓ Que elemento de la línea, se le debe hacer el mantenimiento.
- ✓ En qué condiciones se encuentra (medio ambiente).
- ✓ En qué condiciones se encuentra (Estado físico).
- ✓ Que clases de malas condiciones climáticas hay donde se encuentra el elemento de la línea.
- ✓ De que clase y cuanta carga dispone.

## Resumen:

- ✓ Proximidad de un daño para la seguridad.
- ✓ Condición de funcionamiento.
- ✓ Estándares en lo siguiente (Medio Ambiente, Calidad) y normas en la que está el elemento de la línea aérea de transmisión.
- ✓ Representación de (Circunstancias y Cualidades) del elemento de la línea aérea de transmisión que se hará el mantenimiento.
- ✓ En la actualidad en qué condiciones (físicas), está el elemento de la línea aérea de transmisión para efectuarles el mantenimiento.

AMFE (Análisis de Modos de Falla y sus Efectos), no se debe considerar la falla como un todo, si no que la causa de la falla.

Dentro de los modos de falla tenemos:

a) Reducción de la cabida, causas de la reducción de la cabida son:

- a.1) Equivocación por parte de las personas.
- a.2) Contaminación (suciedad).
- a.3) Desmontar, caída.
- a.4) Engrase.
- a.5) Menoscar o estropear.

### **a.1) Equivocación por parte de las personas**

Está relacionado con el mal ensamblaje o montaje de un elemento de la línea, si se da este caso se debe registrar en AMFE.

### **a.2) Contaminación (suciedad)**

Es la suciedad de los elementos de la línea aérea de transmisión que debería estar limpias, si se da este caso se debe registrar en AMFE.

Caída, sucede cuando los elementos de la línea aérea de transmisión se desarma se cae, o por soldadura y corrosión.

#### **a.4) Engrase**

Cuando se empieza a corroer algún elemento de la línea, de inmediato necesita lubricarse.

#### **a.5) Menoscabar o estropear**

Esto va conjuntamente o empieza a estropearse algún elemento de la línea producto de la evaporación, corrosión y desgaste por fricción.

b) Incremento de la función deseada para el elemento de la línea, causas de esto es lo siguiente:

b.1) Cuando ya no funciona el elemento de la línea producto del incremento de su funcionamiento.

b.2) El elemento de la línea deja de ser confiable si se supera el esfuerzo que debería tener el elemento de la línea.

Lo anterior se da cuando ocurre una sobrecarga (constante, repentina y deliberada).

c) Cabida al inicio, si desde un principio el funcionamiento esta fuera de lo establecido del funcionamiento inicial, esto puede ser malo, si sucede este caso se debe registrar en AMFE.

d) Tener en cuenta que la acumulación de AMFE puede ser grave ya que esto produciría una paralización del sistema por análisis.

Entonces para llegar a la mejor escala se tendría lo siguiente:



d.2) Verosimilitud.

d.3) Razón de la Causa Raíz.

#### **d.1) La Escala Intermedia**

Todo el problema de escalas bajas y altas, nos dan a conocer que la mejor solución sería llevar a cabo una escala intermedia que tenga mucho raciocinio y lógica, además que se pueda realizar el mantenimiento, de esta manera se pueda mermer el AMFE.

#### **d.2) La Verosimilitud**

Ocurre cuando hay fallas que pueden ser ignorados, para ello en AMFE se debe tratar de no incluir todas las fallas ya que algunos puedan ser ignorados.

Entre la falla más frecuente tenemos:

- ✓ Fallas que ocurrieron en un elemento de la línea similar a otro elemento, se debe incluir en AMFE. Para esto se debe tener una Base de Datos.

#### **d.3) La Razón de la Causa Raíz**

Surge una vez dada la falla se necesita ahondar el porqué de la falla, pero este proceso puede ser ilimitadamente, para esto se debe tener una política adecuada.

Después de los modos de falla más usuales se debe tener en cuenta con la consecuencia de la falla.

También es de mucha consideración tener el datasheet de los elementos de la línea aérea de transmisión para un correcto AMFE y es necesario la información de los técnicos que realizan el mantenimiento.

Anteriormente se habló de las consecuencias para esto tener en cuenta lo siguiente:

condiciones normales.

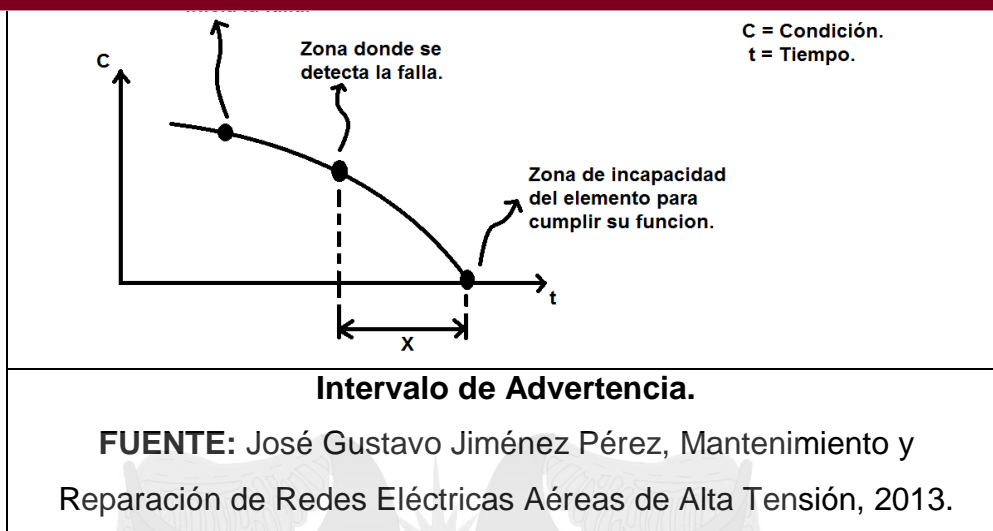
Falla evidente, sucede repentinamente una falla, pero si se da cuenta el técnico en condiciones normales, esto traería como consecuencia la seguridad de las personas y al medio ambiente, paralización del sistema (Líneas Aéreas de Transmisión), baja calidad por lo tanto afecta al servicio del usuario y el incremento del costo con respecto al mantenimiento.

Ahora, se realiza un ejemplo de un cuadro de la información de cualquier elemento de la línea aérea de transmisión.

INFORMACIÓN DEL ELEMENTO			
REGIÓN :			
LÍNEA Y/O CIRCUITO :			
ELEMENTO :			
QUE FUNCIÓN CUMPLE	INCAPACIDAD DE UN ELEMENTO PARA CUMPLIR SU FUNCIÓN	MODOS DE FALLAS	CONSECUENCIAS DE LA FALLA
<p align="center"><b>Información del Elemento</b></p> <p align="center"><b>FUENTE:</b> José Gustavo Jiménez Pérez, Mantenimiento y Reparación de Redes Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, 2013.</p>			

**CUADRO Nº 0 2**

El mantenimiento proactivo, consiste en hacerle el mantenimiento antes de su vida útil o se sustituye el elemento de la línea ya que en algunos casos es más conveniente sustituir el elemento que hacerle el mantenimiento, también tener en cuenta lo siguiente:



**FIGURA Nº 0 24**

El intervalo de advertencia, se puede seleccionar el mantenimiento en la mitad del tiempo del intervalo de advertencia.

## VERIFICACIÓN TERMOGRÁFICA

Esta clase de verificación permite hacer una medición con respecto a la temperatura a distancia considerables y sin contacto físico.

Además nos permite la identificación de fallas con una gran exactitud y se puede aplicar a diferentes elementos de la línea aérea de transmisión.

Nos proporciona también una reducción de riesgo en los técnicos, disminuyendo los costos.

Pero entre las desventajas tenemos que:

- ✓ El sol puede confundir al termógrafo porque calentaría los elementos.
- ✓ Si no hay temperatura en los elementos no se puede detectar la falla.

Tener presente que al hacer la verificación tienen que tener los implementos de seguridad como por ejemplo: guantes, cascos, botas dieléctricas, ropa apropiada, respetar siempre las distancias de seguridad, si está lloviendo se suspende la verificación.

(oxidados), una conexión floja o una elevada carga en los elementos.

## **OBSERVACIÓN DE DESCARGAS PARCIALES**

Esta clase de verificación permite detectar la vida útil del elemento de línea aérea de transmisión a través de la medida de energía (pulsaciones).

## **RESISTENCIA (PUESTA A TIERRA)**

Esta clase de verificación permite que se mida la resistencia puesta a tierra antes que entre en funcionamiento, utiliza el método de caída de potencial.

## **VERIFICACIÓN VISUAL**

Esta clase de verificación permite hacer la observación visual de torre a torre, se busca que este bien la puesta a tierra, las estructuras, cable de guarda, conductores, empalmes, grapas, separadores, amortiguadores, cadenas de aisladores, terreno, herrajes y el conductor.

## **RCM EN LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN**

Se centra principalmente en la descripción del elemento, en qué condiciones está el sistema, clases de eventos (si es que hay), normas.

a) Descripción del elemento, consiste en aplicar el método RCM a una línea específica, esta línea debe tener:

- ✓ Longitud.
- ✓ Ubicación.
- ✓ Condiciones técnicas de sus elementos.
- ✓ Límites a su vez niveles de operación.
- ✓ Características medio ambientales como por ejemplo.
  - ✓ A que altura esta (m.s.n.m).
  - ✓ Temperatura mínima y máxima, humedad.

línea su condición física y el nivel de deterioro en la que está.

c) Clases de eventos (si es que hay), en la clase de eventos es necesario conocer la base de datos de los eventos ocurridos en la línea.

d) Normas, deban contener normas sobre la seguridad de las personas, medio ambientales y eléctricas.

Para el mejor análisis de la línea, se subdividen en elementos como sigue:

- a) Conductores.
- b) Aisladores.
- c) Estructuras.
- d) Herrajes.
- e) Cable de Guarda.
- f) Templetes.
- g) Puesta a Tierra.
- h) Servidumbre.

Todo esto deberá ser analizado por lo siguiente:

- a)
  - ✓ Campo Magnético y Eléctrico.
  - ✓ Cuáles son los esfuerzos mecánicos de tensión.
  - ✓ En qué nivel de corriente máximo esta.
- b)
  - ✓ En que condición esta.
  - ✓ Cuáles son los esfuerzos mecánicos.
  - ✓ Aislamiento eléctrico.
  - ✓ Si es resistente al medio ambiente.



- ✓ Aspecto exterior de la estructura.
- ✓ Distancias (entre conductores, entre conductores y tierra).
- ✓ Paso hacia la estructura.
- ✓ Resistencia (esfuerzos mecánicos).
- ✓ Cimientos.

e)

- ✓ En qué estado esta.
- ✓ Protección (descargas eléctricas).

f)

- ✓ Resistente (a la corrosión y contaminación).
- ✓ En que condición están las cargas mecánicas, para que la estructura sea estable.

g)

- ✓ En qué condiciones esta la puesta a tierra.
- ✓ Defensa a las tensiones de contacto y de paso.

h)

- ✓ Crecimiento de vegetación en la servidumbre.
- ✓ Edificaciones y construcciones en la servidumbre.

El personal técnico cumple un papel importante ya que son ellos los que conocen que partes de la línea de transmisión son las que fallan.

Los conceptos del presente Capítulo de MÉTODOS MODERNOS, VERIFICACIÓN TERMOGRÁFICA, OBSERVACIÓN DE DESCARGAS PARCIALES, RESISTENCIA (PUESTA A TIERRA), VERIFICACIÓN VISUAL, RCM EN LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN, es en base de la Tesis de Jaime Andrés Gutiérrez Gallego: Desarrollo de una Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para Líneas de Transmisión en Alta Tensión. Tesis de Título. Colombia, Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira [1].

En el mundo de la programación informática, uno de los lenguajes más populares y conocidos es el de Visual Basic. Creado en 1991 por Alan Cooper para Microsoft, este paquete permite programar contenidos informáticos gráficos de manera simple y accesible [26].

## 2.7 SECUENCIAS DE EVENTOS

Estos eventos que a continuación se detallan son de las Líneas 1006, 1011, 1012 y 1042, desde el año 2010 hasta el 2015, estos datos son adquiridos de la empresa Red de Energía del Perú – Arequipa, del departamento de Mantenimiento de dicha empresa.

2010

1006

✓ **FP**

Recierre monofásico exitoso en ambos extremos de la línea L-1006 (Azángaro-Tintaya). La falla fue localizada a 78.5Km de Tintaya y a 45.58Km de Azángaro de acuerdo a los relés de distancia.

También se desconectó el transformador T49-121 de Ayaviri. La línea en 33KV Ayaviri-Arasi se repuso a las 05:09:17 Hrs, se interrumpió 2.6MW.

✓ **FE**

Desconexión del transformador por recierre en L-1006 se interrumpió 2.60Mw.

1011

✓ **MP**

S.E. Juliaca: Desconexión línea 138KV L-1011, Mantenimiento Electromecánico de celda CL-1011

1012

✓ **MP**

Desconexión manual de línea 138KV L-1012, Mantenimiento Electromecánico de celdas en S.E. Juliaca y S.E. Puno.

**1006****✓ FP**

Recierre monofásico de la fase "S" en la línea L-1006 (Tintaya - Azángaro); durante el evento la línea transmitía 9.33 MW medidos en Tintaya. La falla fue localizada a 57.8 km de la subestación Azángaro y a 70.6 km de la subestación Tintaya de acuerdo con los relés de distancia. En la subestación Ayaviri desconectó el transformador T49-121 con 2.2 MW por actuación del esquema de mínima tensión. Finalmente a las 04:24 h se conecta el transformador T49-121 y se procede a recuperar los suministros interrumpidos en Ayaviri.

**✓ FE**

Recierre monofásico de la fase "S" en la línea L-1006 (Tintaya - Azángaro); durante el evento la línea transmitía 9.33 MW medidos en Tintaya. La falla fue localizada a 57.8 km de la subestación Azángaro y a 70.6 km de la subestación Tintaya de acuerdo con los relés de distancia. En la subestación Ayaviri desconectó el transformador T49-121 con 2.2 MW por actuación del esquema de mínima tensión. Finalmente a las 04:24 h se conecta el transformador T49-121 y se procede a recuperar los suministros interrumpidos en Ayaviri.

**1011****✓ FP**

Recierre de la línea L-1011 (Azángaro-Juliaca) en 138 kV; debido a falla monofásica de la fase "T". La falla se registró a 42,69 km de SE Azángaro; clima nublado por la zona, la línea transmitía 10,26 MW desde SE Azángaro.

**1012****✓ MP**

SE Juliaca - SE Puno 138kV: Desconexión de la línea L-1012 por mantenimiento programado en ambas celdas.

**1006****✓ FP**

Se produjo el recierre exitoso de la línea L1006 debido a una falla monofásica en la fase "T", la cual fue ubicada a 32.8Km. Luego de desenergizar los transformadores T49-121 y T60-23 se procedieron a recuperar los suministros interrumpidos en coordinación con el cliente Arasi.

**✓ FP**

Se produjo la desconexión de la línea L-1006 debido a una falla monofásica en la fase "T" ubicada a 77.4 Km de la SE Tintaya según indica su protección de distancia. . A las 05:54 horas se conecta la línea en la SE Tintaya y a las 05:55 horas se conecta el transformador T49-121 y se procede a recuperar los suministros en la SE Ayaviri.

**1011****✓ FP**

Desconectó la línea 138 kV L-1011 (Juliaca-Azángaro) cuando transmitía 3 MW registrados en la subestación Azángaro, en la subestación Juliaca actuó relé 21 fases S y T, zona 1. El clima por la zona con cielo totalmente nublado. A las 16:41 horas la línea se puso en servicio.

**✓ FP**

SE Azángaro: Se produjo una falla monofásica en la fase "S" de la línea L-1011 a 36Km. Producto del evento se produjo el recierre exitoso en la SE Juliaca y el disparo trifásico de la línea en la SE Azángaro. Luego a las 04:59 horas se procedió con la reposición de la línea desde la SE Azángaro hacia la SE Juliaca sin éxito por no tener condiciones de sincronismo. Finalmente a las 05:36 horas se logra cerrar la línea en coordinación con el COES al cumplir las condiciones de sincronismo.

**1012****✓ MP**

SE. Juliaca - SE. Puno, 138kV: Desconexión de la L-1012 por mantenimiento programado.

Desernegización de las Subestaciones Puno (con 14.9MW) y Juliaca (con 14MW), debido a falla en la línea L-2030 (Moquegua - Puno) en 220kV de propiedad de Redesur. La línea L-1011 (Azángaro-Juliaca) continúa fuera de servicio por mantenimiento programado de la C.H. San Gabán. A las 13:12 hrs se energizo la Barra 138 kV de Puno, a las 13:16 hrs energizado el T68-162 y se recupera los suministros interrumpidos de la SE Puno. A las 13:30 hrs se energiza la línea L-1012 en SE Puno, A las 13:48hrs energizado el T63-121 en SE Juliaca y se recupera los suministros interrumpidos de la SE Juliaca.

2013

1006

✓ **FP**

Recierre en la línea L-1006 Tintaya – Ayaviri por falla en la fase "R" a una distancia de 40.6 km de la SE. Tintaya. Clima nublado, por la zona.

✓ **FP**

Recierre exitoso en la línea de 138kV L-1006 (Tintaya – Ayaviri) por falla monofásica en la fase "R". Previo al evento la línea transmitía 47.87 medidos en Tintaya. No hubo interrupción de suministros.

1011

✓ **OA**

SE. Juliaca 138 kV CL-1011: MP 6A, cambio de rele de distancia 21. REP

✓ **FP**

En el extremo de Juliaca se produjo recierre en la línea L-1011 (Juliaca - Azángaro) en 138kV debido a una falla monofásica en la fase "T". En Azángaro quedo abierto el interruptor de la línea.

✓ **ME**

Desconexión de la línea L-1011 (Juliaca - Azángaro) por mantenimiento de San Gabán.



Línea en 138 KV L-1011 (Azángaro - Juliaca): Cambio de aisladores. (REP)

## 1012

### ✓ MP

Línea en 138kV L-1012 (Puno - Juliaca): Limpieza de cadenas de aisladores. (REP)

### ✓ MP

SE. Juliaca 138kV celda CL-1012: Mantenimiento programado de 6 años a equipos de patio. (REP)

### ✓ FP

Desconectó la línea en 138 KV L-1012 (Puno - Juliaca) en el extremo de Puno con 4.5 MW, debido a una falla monofásica en la fase "R". En el extremo de Juliaca se produjo recierre exitoso. A las 18:37 horas la línea entro en servicio en coordinación con COES.

### ✓ PROY

SE. Puno 138KV, AMP12: Bypass en CL-1012 y extensión de barra para nueva CL-T97.

SE. Puno 138kV: Ampliación 12, Reubicación definitiva de la celda CL-1012. (ALSTOM)

SE. Puno barra 138kV: Ampliación 12 corte de barra de REDESUR para conexión definitiva de la celda CL-1012 (ALSTOM)

## 1042

### ✓ 0A

SE. Ayaviri 138 kV, CL-1042: Pruebas end to end. (REP)

SE. Ayaviri 138 kV, CL-1042: Pruebas end to end. (REP)

Recierre monofásico en la línea 138 KV L-1042 (Ayaviri - Azángaro) debido a falla en la fase "S". Previo al evento la línea transmitía 18 MW.

✓ **MC**

Desconexión de la línea 138 KV L-1042 (Azángaro - Ayaviri): Retiro de elemento extraño de la T-04. VCN.

✓ **FP**

Recierre en la línea L-1042 (Ayaviri - Azángaro) en 138kV. El relé de protección señaló falla en fase "R". Al momento del recierre la línea transmitía 41.0 MW.

✓ **ME**

SE. Ayaviri 138 kV: Desconexión de la línea L-1042 por mantenimiento programado en la SE. Azángaro a solicitud de San Gabán.

✓ **FP**

Durante el evento ocurrido en las líneas L-1010 y L-1009 de propiedad de San Gabán se registró un recierre indebido en el extremo de Azángaro de la línea de 138kV L-1042 (Azángaro - Ayaviri).

✓ **FP**

SE. Ayaviri: Disparo del interruptor IN-4280 de la línea L-1042 Ayaviri - Azángaro 138 kV con 47.1 MW con actuación del relé 86. La línea quedó tensionada desde la SE. Azángaro. Clima despejado en la zona. No hubo interrupción de suministros. A las 13:17 horas línea L-1042 entró en servicio.

## 2015

### 1006

✓ **FP**

Recierre monofásico exitoso en la línea L-1006 (Tintaya - Ayaviri) de 138 KV, por actuación de su protección de distancia (21), indicando falla en la fase "R" a una distancia de 34.60 km de Tintaya.

Línea en 138kV L-1006 (Ayaviri - Tintaya): Cambio de amortiguadores (REP).

✓ **MC**

SE. Tintaya 138 KV, CL-1006: Corregir cableado de tele protección. (REP).

## 1011

✓ **FP**

Desconexión de la línea en 138 KV L-1011 (Juliaca - Azángaro) en el extremo de la SE. Juliaca cuando transmitía 8.29MW medidos en Azángaro, debido a un recierre no exitoso. La línea quedó energizada desde el extremo de la SE. Azángaro.

✓ **ME**

SE. Azángaro 138kV: Desconexión de la línea L-1011 por mantenimiento programado a solicitud de San Gabán.

✓ **FP**

Recierre exitoso de la línea L-1011 (Azángaro-Juliaca) en el extremo de la subestación Juliaca, quedando abierto en el extremo de la subestación Azángaro. Previo al evento la línea transmitía 0.42MW leídos en la subestación Azángaro. Finalmente a las 05:01 horas se desenergizó la línea en Juliaca. A las 05:02 horas se energizó la línea desde Azángaro y se sincronizó a las 05:04 horas en Juliaca.

## 1012

✓ **PROY**

SE. Puno 138kV, celda de la línea L-1012: Proyecto ampliación 12, cambio de bajantes de barra a la celda. (Alstom).

✓ **MP**

Línea en 138 KV L-1012 (Juliaca - Puno): Limpieza de aisladores. (REP).

✓ **MP**

SE. Puno 138kV CL-1012: Pruebas de teleprotección. (REP)

Línea en 138 KV L-1012 (Juliaca - Puno): Cambio de balizas de señalización (REP).

## 1042

### ✓ MP

Línea en 138 KV L-1042: Cambio de amortiguadores, instalación de pasadores desde (T220) T20 hacia Azángaro. (REP).

### ✓ MP

SE. Ayaviri 138kV, CL-1042: Revisar la operatividad del PL2 SEL. (REP)

### ✓ FP

Recierre monofásico en la fase T de la línea 138 KV L-1042 (Ayaviri - Azángaro) cuando transmitía 17 MW, en ambos extremos de la línea actuó los relés de protección de distancia, fase T, zona 1. Clima por la zona de Ayaviri con descargas atmosféricas.

## DFD

Se utilizó DFD (Diagrama de Flujo de Datos) para hacer el algoritmo.

El diagrama de flujo se basa en la construcción de figuras unidas por líneas de flujo.

**A continuación se muestra el significado de figuras.**





**FIGURA Nº 0 25**

Y para la construcción del programa, se utilizó Visual Basic.

Visual Basic está diseñado para la creación de aplicaciones de manera productiva con seguridad de tipos y orientado a objetos. Visual Basic permite a los desarrolladores centrar el diseño en Windows, la web y dispositivos móviles. Como ocurre con todos los lenguajes destinados a Microsoft .NET Framework, los programas escritos en Visual Basic se benefician de la seguridad y la interoperabilidad de los lenguajes.

Esta generación de Visual Basic continúa la tradición de ofrecerle una manera rápida y fácil de crear aplicaciones basadas en .NET Framework [25].



## PROCESOS DE MANTENIMIENTO DE LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Las líneas aéreas de alta tensión operan en el medio ambiente, donde puede variar de un momento a otro, esto produce daños y alteraciones en el sistema.

Un aspecto importante a tener en cuenta es:

El envejecimiento de los distintos componentes que conforman la red. Para esto es necesario hacer el mantenimiento de la red y sus componentes.

### 3.2 MANTENIMIENTO

Conjunto de acciones (técnicas y administrativas) que se dedican a la vigilancia y control de cómo influye los factores externos al sistema.

También se dice la reparación o restablecimiento del sistema a su operación normal.

El proceso de mantenimiento de las Líneas Aéreas de Transmisión y para tener un buen conocimiento de esto, se realiza lo siguiente:

#### Mantenimiento Predictivo

- ✓ Se observa la Línea Aérea de Transmisión y se realiza lo siguiente:
  - ✓ Mediciones.
  - ✓ Recopilación de Datos.
- ✓ Se clasifica la Línea en:
  - ✓ Operativas.
  - ✓ No Operativas.

#### Mantenimiento Preventivo

- ✓ Inspección Visual.
- ✓ Termovisión.

- ✓ Encontrar la avería y detectar el carácter de la Línea aérea de Transmisión (Diagnosticar).
- ✓ Corregir.
- ✓ Verificar si el problema se resolvió.

### 3.3 CLASES DE MANTENIMIENTO

Existen tres clases de mantenimiento:

- ✓ Mantenimiento predictivo.
- ✓ Mantenimiento preventivo.
- ✓ Mantenimiento correctivo.

#### 3.3.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Es el conjunto de síntomas que mostrara el sistema antes de que se produzcan, estos sirven para predecir los posibles fallos.

Al aplicar este mantenimiento se hará la observación (monitorización) del conjunto de parámetros de los síntomas que producen los fallos.

##### 3.3.1.1 VENTAJAS

- ✓ Proporciona tranquilidad al conseguir una operación continua.
- ✓ Mejora en la seguridad de las personas.
- ✓ Mejora en zonas que están cerca de estos síntomas.
- ✓ Muchos beneficios económicos.

Al observar la línea aérea de transmisión, se realiza:

- ✓ Mediciones.
- ✓ Recopilación de datos.

Al examinar, lo realiza un instalador autorizado, este será centrado por la empresa propietaria de la infraestructura de línea aérea de transmisión.

(OCA) o por la propia administración pública.

### 3.3.1.2 FRECUENCIA DE REVISIÓN

El examinar y el reconocimiento se debe hacer cada tres años.

Podemos clasificar las líneas en:

Operativas y no operativas.

### 3.3.1.3 SELECCIÓN DE DEFECTOS

- 1) Defectos leves.
- 2) Defectos graves.
- 3) Defectos muy graves

- 1) **Esto sucede cuando no corresponde con los Defectos Graves,** Defectos Muy Graves y que no ponen en peligro a las personas y bienes.

Estos defectos pueden ser:

- ✓ Puntos de la línea con deficiente mantenimiento.

- 2) **Cuando se detecta algún defecto,** en algún elemento de la red que no es inicialmente un peligro para las personas y los bienes, pero podría llegar a serlo.

Estos defectos pueden ser:

- ✓ Falta de conexiones equipotenciales.
- ✓ Degradación del aislamiento de conductores que transportan la energía eléctrica.
- ✓ La falta de protección o protección deficiente.
- ✓ Conexiones de protección de las masas.
- ✓ Defectos técnicos y administrativos.
- ✓ Reiteración de defectos leves.

- 3) **Peligro para la seguridad de las personas y bienes.**

Estos defectos pueden ser:

- ✓ Reducción de distancias de cruzamientos y paralelismo.
- ✓ Reducción de distancias de seguridad.
- ✓ Falta de continuidad del circuito de tierra.

Por ejemplo: Si al ver que uno de los apoyos de la Línea Aérea de Transmisión se ha producido una ruptura del cable a tierra.

#### 3.3.1.4 CALIFICACIÓN

- 1) FAVORABLE
- 2) CONDICIONADA
- 3) NEGATIVA

- 1) Cuando no haya Defecto Muy Grave o Grave.
- 2) Cuando algún Defecto Grave o Defecto Leve que en la anterior revisión no haya sido solucionado, tampoco en la actualidad.

En este caso, el plazo para su corrección será no mayor a seis meses.

- 3) Cuando haya un Defecto Muy Grave en líneas ya en servicio.

Cuando no se ha subsanado el Defecto Grave o Leve después de los seis meses.

Si en una Línea Aérea de Transmisión se encuentra que la sección del cable es menor que la determinada por los cálculos.

Para hacer la calificación el técnico debe realizar un conjunto de pruebas y ensayos sobre los elementos de la línea.

#### 3.3.1.5 MÉTODOS

- 1) INFORMÁTICOS
- 2) TÉCNICOS
- 3) HUMANOS

- 1) Tecnologías de la información y las comunicaciones como apoyo al mantenimiento.

- ✓ Sistemas de telecontrol (SCADA).
- ✓ Sistemas de gestión.
- ✓ Sistemas de información geográfica.

- 2) Equipos de medida y verificación.
- 3) Muy importante el equipo humano.

### 3.3.1.6.1 TELUROMETRO

Proporciona valores de la resistencia a tierra.



**FIGURA Nº 0 26**

Con este instrumento se obtendrán dos parámetros:

- ✓ La resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ ).
- ✓ La resistividad del terreno ( $\Omega.m$ ).

### 3.3.1.6.2 OHMÍMETRO ANALÓGICO

Mide valores de resistencia muy bajos como por ejemplo:

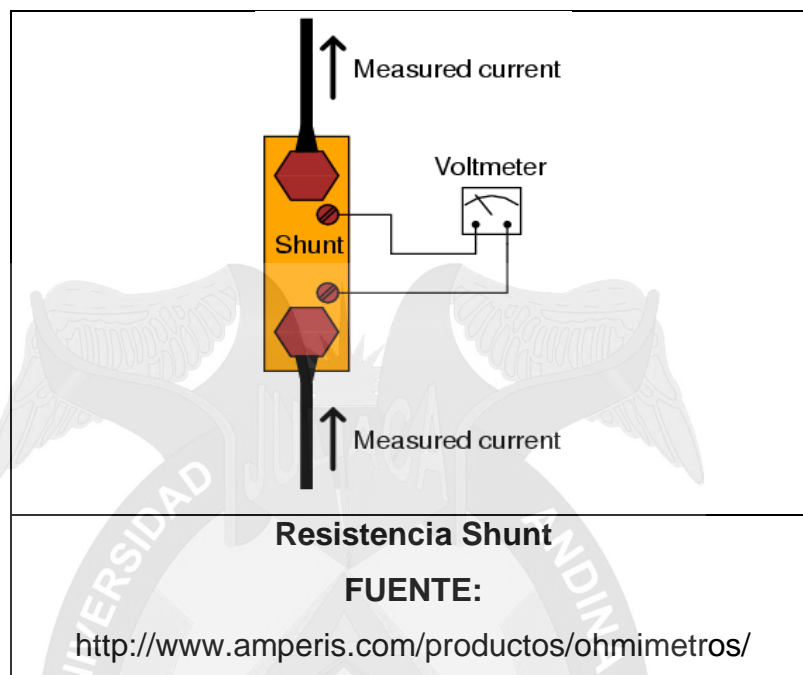
- ✓ Elementos de mando y protección.
- ✓ Conductores.



**FIGURA Nº 0 27**



Mide valores de intensidades muy altas.



**FIGURA Nº 0 28**

#### 3.3.1.6.4 OHMÍMETRO DIGITAL

Mide valores de resistencia muy pequeños, como por ejemplo conductores.



**FIGURA Nº 0 29**

Mide valores de resistencia muy elevados, como por ejemplo es utilizado en medidas sobre aislamiento.



**Megaohmmetro Analógico**

**FUENTE:**<http://www.megabras.com/es/productos/megohmetro/megohmetro-MI1000e.php>

**FIGURA Nº 0 30**



**Megaohmmetro Digital**

**FUENTE:**[http://tienda.electrocomponentes.com/detalle.php3?titulo=Meg%F3hmetro%20digital%20port%E1til%20\(UT511\)&rubro=36&expand=SI&articulo=UT511&subrubro=363](http://tienda.electrocomponentes.com/detalle.php3?titulo=Meg%F3hmetro%20digital%20port%E1til%20(UT511)&rubro=36&expand=SI&articulo=UT511&subrubro=363)

**FIGURA Nº 0 31**

Mide valores de tensiones, como por ejemplo las que aparece entre dos puntos separados un metro.

**FIGURA Nº 0 32**

### 3.3.1.6.7 CÁMARA TERMOGRÁFICA

Mide valores de temperatura en función de las imágenes del objeto enfocado, porque cada cuerpo emite radiación infrarroja, como por ejemplo en cables, aisladores.

**FIGURA Nº 0 33**

Mide la continuidad como por ejemplo:

- ✓ Los conductores de protección y toma de tierra.
- ✓ Los conductores de transporte de energía eléctrica.



**FIGURA Nº 0 34**

#### 3.3.1.6.9 PÉRTIGA DETECTORA DE TENSION

Mide valores de tensión.



**FIGURA Nº 0 35**

La estructura de mantenimiento tiene que tener lo siguiente:

- ✓ Datos de entrada, estos datos deberán contener lo siguiente:
  - a) Historia de las instalaciones a revisar.
  - b) Instalaciones a revisar.
  - c) Puesta en servicio de las instalaciones nuevas.
  - d) Número de casos de las incidencias y nombrarlos.
  - e) Imperfecciones detectadas en las revisiones.
  - f) Datos de entrada e historia de las cargas en las instalaciones.
  - g) Examinar los reglamentos y de mantenimiento.
  - h) Disconformidad de las reclamaciones.
- ✓ Fechas de la consulta de realización de las actuaciones.
- ✓ Clases de actuaciones que se hará en cada instalación.
- ✓ Instalaciones dañadas por la actuación.

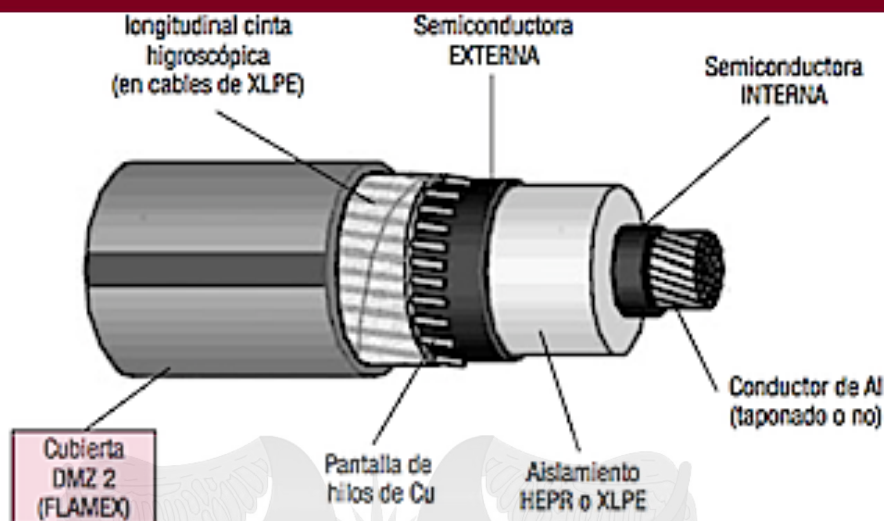
### **3.3.1.8 CONSTITUYENTES BÁSICOS DE LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN**

- a) Conductores.
- b) Empalmes y conexiones.
- c) Cables de tierra.
- d) Herrajes.
- e) Aisladores.
- f) Apoyos.

#### **3.3.1.8.1 CONDUCTORES**

Los conductores tienen baja resistencia al paso de la corriente o es lo mismo decir que tienen una conductividad elevada.





### Conductor Eléctrico

**FUENTE:** <http://www.stsproyectos.com/descargas/comprobacion-del-aislamient.html>

**FIGURA Nº 0 36**

### 3.3.1.8.2 EMPALMES Y CONEXIONES

#### B.1) EMPALMES

Los empalmes afirman la continuidad mecánica y eléctrica.



### Accesorio para Empalme de Alta Tensión

**FUENTE:** [http://www.inessman.com/productos\\_tyco.php](http://www.inessman.com/productos_tyco.php)

**FIGURA Nº 0 37**

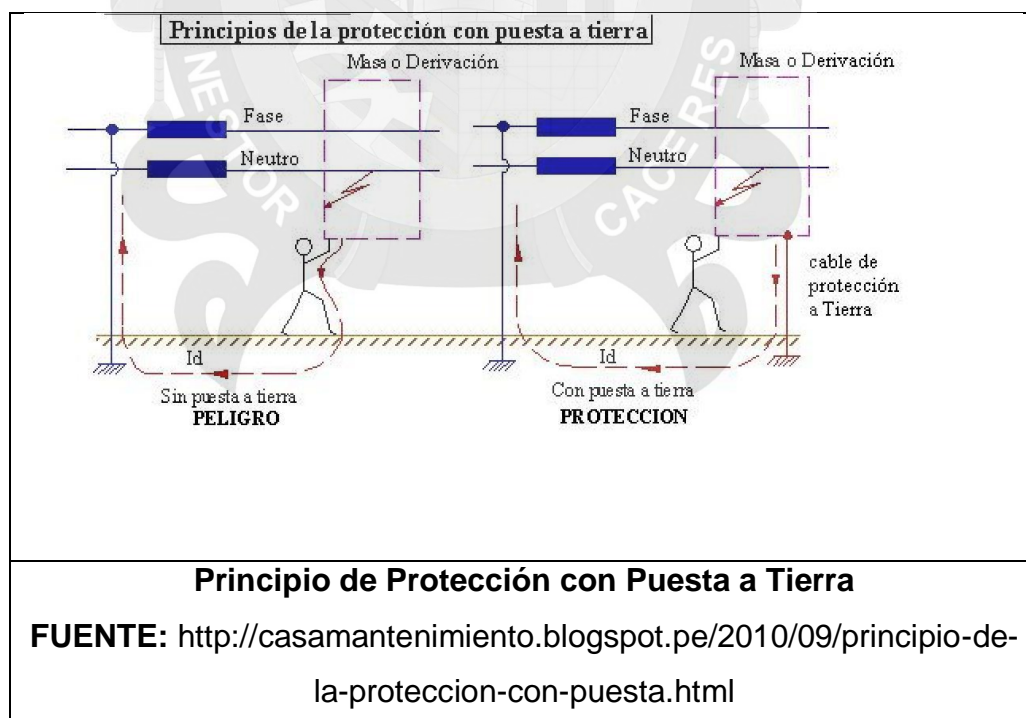
Las conexiones afirman la continuidad eléctrica, con resistencia mecánica reducida.



**FIGURA Nº 0 38**

### 3.3.1.8.3 CABLES DE TIERRA

Los cables de tierra protegen las líneas aéreas de transmisión.



**FIGURA Nº 0 39**

Con los herrajes se aseguran lo siguiente:

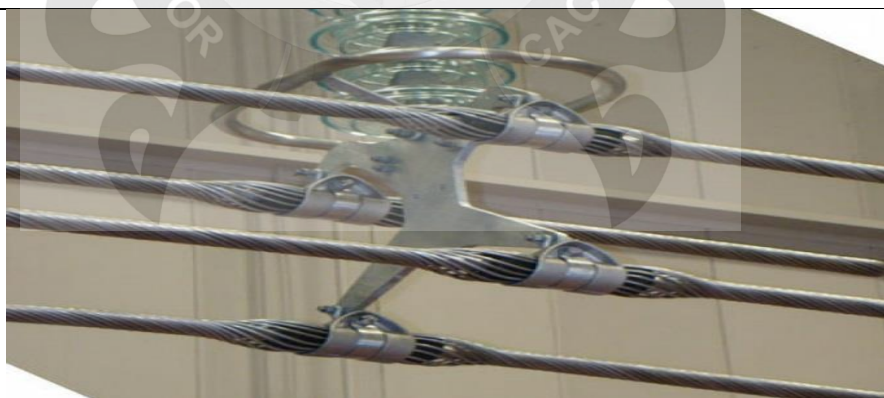
- ✓ El cable de tierra al conductor.
- ✓ Los elemento de protección eléctrica de los aisladores.
- ✓ Los aisladores de apoyo.
- ✓ Los aisladores al conductor.
- ✓ Los accesorios del conductor como por ejemplo:
  - ✓ Los separadores
  - ✓ Los antivibradores, etc.
- ✓ El cable de tierra al apoyo.



**Herraje**

**FUENTE:** <http://www.megavattios.com/nota.asp?Id=2353>

**FIGURA Nº 0 40**



**Cadenas de Herrajes**

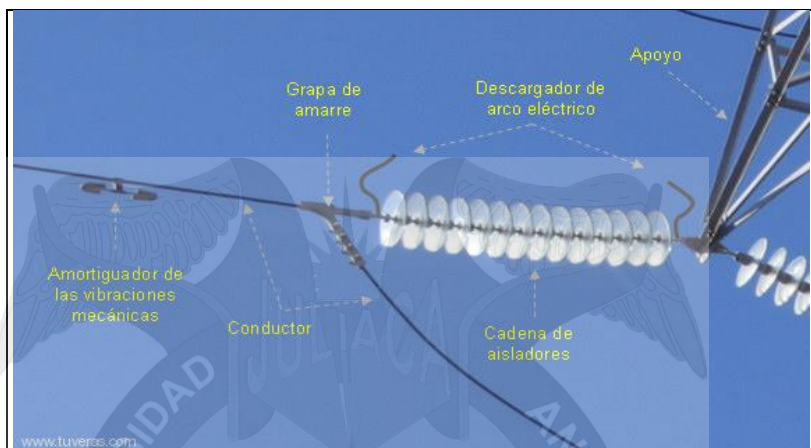
**FUENTE:** <http://www.plp.com.br/ar/catalogos/item/358-cadenas-de-herrajes-para-lt>

**FIGURA Nº 0 41**



Los aisladores hacen el aislamiento eléctrico entre los conductores, para la unión entre:

- ✓ Aisladores y conductores.
- ✓ Aisladores y los apoyos.



**Cadena de Aisladores**

**FUENTE:**

<http://www.tuveras.com/lineas/aereas/lineasaereas.htm>

**FIGURA Nº 0 42**



**Cambio de Cadena de Aisladores**

**FUENTE:**

<https://www.youtube.com/watch?v=Cx7hQTUYiL8>

**FIGURA Nº 0 43**

Los apoyos sirven para sostener los conductores y demás elementos que constituyen la red.

Tenemos dos clases de apoyos:

**a) APOYOS NO FRECUENTADOS**

Esto sucede cuando el acceso al público es poco frecuente.

**b) APOYO FRECUENTADOS**

Esto sucede cuando las instalaciones son comunes con las personas, como por ejemplo áreas residenciales.

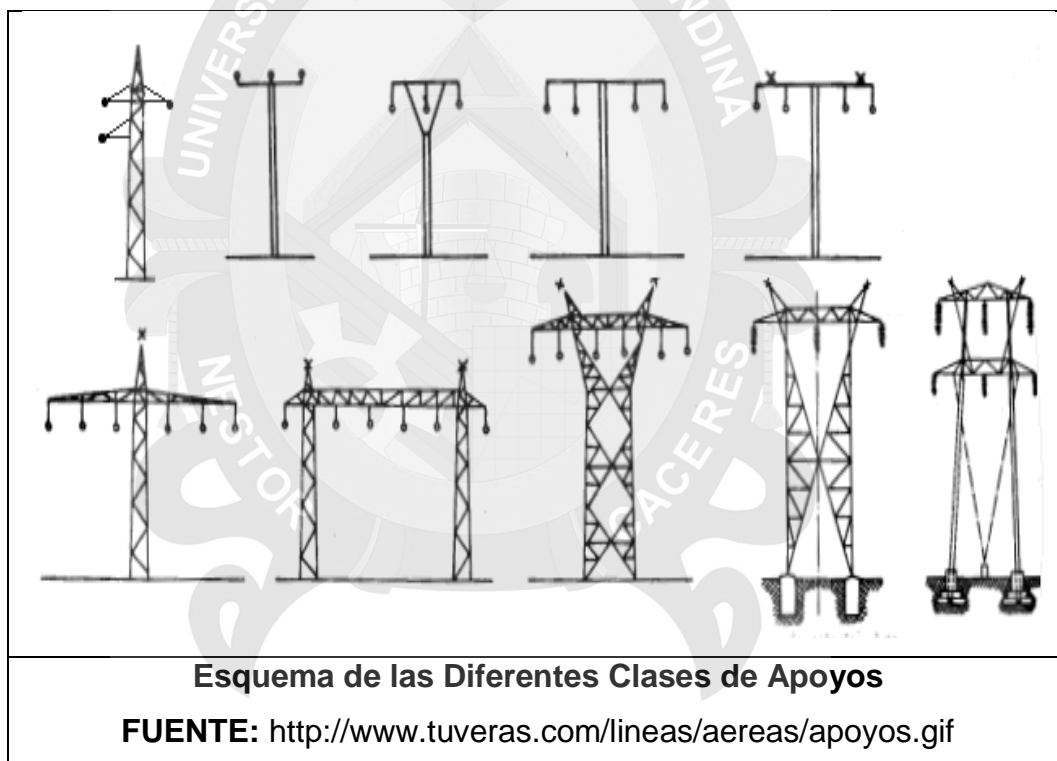


FIGURA Nº 0 44

### 3.3.1.9 MANTENIMIENTO DE LOS CONSTITUYENTES BÁSICOS DE LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN

CONSTITUYENTES	SUCESOS	QUE HACER
CONDUCTORES	Se harán como mínimo ensayos	Se utilizara la



		principal y de cubierta.	determinar un posible fallo, luego de eso se hará el MANTENIMIENTO CORRECTIVO.
<b>CABLES DE TIERRA</b>		El ángulo con la vertical no exceda los 35°. Deberá ser de acero u otro material. Se debe usar un cable de acero galvanizado (sección 50mm <sup>2</sup> y 50mm <sup>2</sup> ).	
<b>HERRAJES</b>		Las grapas de amarre deben sostener tensiones mecánicas en el cable del 90 por 100 de la carga de rotura del mismo.	
<b>AISLADORES</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El paso de corriente de fuga por el interior del aislador.</li> <li>✓ Paso de la corriente por la superficie del aislador.</li> <li>✓ Paso de corriente debido a la perforación del material.</li> <li>✓ Paso de corriente por descarga disruptiva a través del aire.</li> </ul> <p>PARA DETECTAR LO ANTERIOR, SERA NECESARIO UTILIZAR CÁMARA TERMOGRAFICA Y IMÁGENES</p>	

<b>APOYOS</b>	El reconocimiento de los apoyos facilita la ubicación. <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Cada 6 años Apoyos Frecuentados.</li><li>✓ Cada 30 años Apoyos No Frecuentados.</li></ul>	
---------------	--	--

**Constituyentes Básicos**

**FUENTE:** José Gustavo Jiménez Pérez, Mantenimiento y Reparación de Redes Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, 2013.

**CUADRO Nº 03****3.3.1.10 PUNTOS SOBRESALIENTES PARA VERIFICAR LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN**

- ✓ Puesta a tierra.
- ✓ Vanos.
- ✓ Cimentaciones y apoyos.
- ✓ El aislamiento y herrajes.
- ✓ Y Aparatos de maniobra.

**3.3.1.11 PUNTOS SOBRESALIENTES PARA VERIFICAR VISUALMENTE LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN**

- ✓ Estado de los conductores.
- ✓ Cadena de aisladores.
- ✓ Cables de tierra.
- ✓ Estado de los herrajes.
- ✓ Estado general de la estructura de apoyo.
- ✓ Peanas y bancadas.
- ✓ Nuevas carreteras o caminos.
- ✓ Cruzamiento con otras líneas (BT, MT, comunicaciones, etc.).
- ✓ Arbolado.
- ✓ Estado de las calles.
- ✓ Nidos.

### 3.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Elimina los posibles fallos, eliminando los posibles elementos, permite una operación continua de esta manera eliminan las causas principales de riesgo.

#### 3.3.2.1 VENTAJAS

- ✓ Reducción de los costes del sistema.
- ✓ Incremento o aumento de la vida útil.

Esta clase de mantenimiento necesita lo siguiente:

- a) Inspección visual.
- b) Termovisión.

##### 3.3.2.1.1 INSPECCIÓN VISUAL

Lo primero que se tiene que verificar para la inspección visual es lo siguiente:

- ✓ Puesta a tierra.
- ✓ Estado de la cimentación.
- ✓ Examinar el poste.
- ✓ Apoyos.
- ✓ Cadena de aisladores, como por ejemplo contaminación y polvo.
- ✓ Herrajes como por ejemplo corrosión, holguras y desgaste.
- ✓ Conductor.

##### 3.3.2.1.1.1 IRREGULARIDADES

Antes de verificar cuantas clases de irregularidades existe, tenemos que tener bien claro cuál es la diferencia entre avería e irregularidad.

##### ✓ AVERÍA

Sucede cuando la línea aérea de transmisión deja de funcionar.

Sucede cuando la línea aérea de transmisión sigue funcionando.

### 3.3.2.1.1.2 IRREGULARIDADES QUE INCITAN UNA FALLA

Se deben dar soluciones.

- a) Grupo G: Irregularidad con solución estándar.
- b) Grupo E: Irregularidad con solución no estándar.

### 3.3.2.1.1.3 IRREGULARIDADES QUE NO INCITAN UNA FALLA

No necesitan mantenimiento preventivo.

- c) Grupo S:
  - A) La solución es por medio de un procedimiento estándar.
  - B) La solución es por medio de un procedimiento no estándar.
  - C) La solución no necesita prioridad.

IRREGULARIDAD	URGENTE	TIEMPO/MESES	OBSERVACIONES
<b>G</b>	SI	6	
<b>G</b>	NO	6	Continúa después de 6 meses.
<b>E</b>	SI	6	
<b>E</b>	NO	6	Continúa después de 6 meses.
<b>S</b>	SI	6	
<b>S</b>	NO	6	Continúa después de 6 meses.

#### Irregularidades

**FUENTE:** José Gustavo Jiménez Pérez, Mantenimiento y Reparación de Redes Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, 2013.

#### CUADRO N° 0 4

a) Aparición rápida.

b) Aparición lenta.

NO SE REALIZAN REPARACIÓN, SOLO SE  
PUEDE EVITAR ESTA IRREGULARIDAD.

### 3.3.2.1.1.3.1 APARICIÓN RÁPIDA

#### IRREGULARIDADES EN EL AISLADOR

a) SUCIEDAD

Es producto de las características medioambientales.



**Aisladores Sucios**

**FUENTE:** [http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-453278406-aisladores-suspension-ceramica-alta-tension-nucleo-maciso-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-453278406-aisladores-suspension-ceramica-alta-tension-nucleo-maciso-_JM)

**FIGURA Nº 0 45**



Produce daños muy graves (sustitución inmediata del aislador).



**Aislador Roto**

**FUENTE:** <http://www.hangarservicios.com/visualInspection>

**FIGURA Nº 0 46**

## IRREGULARIDADES EN LOS CONDUCTORES

- a) Deterioro.
- b) Rotura.
  - ✓ Conductor de transporte (necesita mantenimiento correctivo).
  - ✓ Conductor de protección a tierra (irregularidad grave).

## AVIFAUNA

- ✓ Aves que impactan la línea aérea de transmisión.
- ✓ Aves que construyen sus nidos en los apoyos.
- ✓ Aves que se electrocutan.

## INCREMENTO DE ARBOLADO

### 3.3.2.1.1.3.2 APARICIÓN LENTA

#### OXIDACIÓN EN LOS ELEMENTOS

- ✓ Apoyos.
- ✓ Herrajes.

### 3.3.2.1.1.4 REEMPLAZAR LOS ELEMENTOS POR IRREGULARIDADES

Como lo siguiente:

- ✓ Aislador (Aislador Roto).
- ✓ Herraje (Desgaste del Herraje).
- ✓ Conductor (Deterioro del Conductor).
- ✓ Puesta a Tierra (Deterioro de la Puesta a Tierra).
- ✓ Placa de Identificación (Placa de Identificación del Apoyo Deteriorado).
- ✓ Placa de Identificación de Peligro (Placa de Identificación de Peligro Deteriorado)
- ✓ Para reemplazar se tiene que hacer el método a potencial.

### 3.3.2.1.1.5 PLAN DE MANTENIMIENTO

- ✓ Fases.
- ✓ Componentes afectados.
- ✓ Planificación Temporal.
- ✓ Recursos Necesarios.
- ✓ Normas.
- ✓ Recomendaciones de los Fabricantes.
- ✓ Estadísticas de fallas periódicas.

### 3.3.2.1.1.6 HERRAMIENTAS

#### CAMARA TERMOGRAFICA

componentes de la línea aérea de transmisión.

### MICROAMPERÍMETRO

Se utiliza para detectar corrientes de fuga.



**Microamperímetro**

**FUENTE:**

<http://www.milanuncios.com/radioaficionados/microamperimetro-demestres-105082143.htm>

**FIGURA Nº 0 47**

### TELURÓMETRO

Sirve para medir el estado de las instalaciones a tierra.

### TERMOMETRO

Mide la temperatura de los componentes de la línea aérea de transmisión.

### HELICOPTEROS

Se utiliza para hacer trabajo en alturas considerables.

### MEDIOS INFORMATICOS

Permite hacer un plan de mantenimiento más eficaz, por ejemplo:

Análisis de datos.

Información Geográfica.

Cartografías Digitales.

Geolocalización de los Componentes de la red.

Es empleado para reemplazar los diferentes componentes.



**Traje Conductor**

**FUENTE:** <https://www.youtube.com/watch?v=OMdq2z8FnGA>

**FIGURA Nº 0 48**

### **WINCHI**

Se utiliza para subir a los apoyos herramientas u otro material.

### **CAMARA DIGITAL**

Sirve para capturar imágenes, para luego hacer un análisis eficiente.

### **EQUIPOS DE COMUNICACIÓN**

Es utilizado para que todo el personal este siempre comunicado.

### **EQUIPOS DE SEGURIDAD**

- ✓ Ropa de trabajo adecuado.
- ✓ Calzado adecuado.
- ✓ Guantes aislantes o conductores.
- ✓ Gafas o máscaras específicas.



El mantenimiento correctivo soluciona los componentes de la línea aérea de transmisión producto de una avería con alta confiabilidad y seguridad.

A esta línea siempre se le hará el mantenimiento correctivo cuando es NO OPERATIVA y es para las personas y bienes un riesgo. Además este tipo de mantenimiento tiene que ser minimizado por el mantenimiento predictivo y preventivo.

### **3.3.3.1 CLASES DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

- a) Planificado.
- b) No Planificado.

a) El Mantenimiento Planificado, es cuando previene la avería antes de que ocurra, además la línea no debe estar fuera de servicio.

b) El Mantenimiento No Planificado, este tipo de mantenimiento es el más urgente, se utiliza para evitar costos, además se utiliza cuando imprevistamente la avería aparece.

### **3.3.3.2 PASOS PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

- ✓ Encontrar la avería y detectar el carácter de la línea aérea de transmisión (diagnosticar).
- ✓ Corregir.
- ✓ Verificar si el problema se resolvió.

### **3.3.3.3 CAUSAS QUE PRODUCEN LAS AVERIAS**

- ✓ Humedad.
- ✓ Niebla Salina.
- ✓ Lluvia.
- ✓ Viento.



instalaciones de la red deben soportar corrientes máximas producto de una avería.

- ✓ Tener en cuenta la tensión de contacto y de paso.

#### 3.3.3.4 AVERÍAS TÍPICAS EN LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN

- a) Derivaciones
- b) Tierras Francas
- c) Puesta a Tierra (seccionadores de puesta a tierra y pararrayos).

##### a) Las Derivaciones

Son puntos en las líneas donde se derivan otros puntos.

##### b) Tierras Francas

Verificar lo siguiente:

- ✓ Resistividad del terreno (debe contener arena, lino y arcilla en partes iguales).
- ✓ Conexiones de chasis y apoyos a tierra.
- ✓ El estado de los electrodos.
- ✓ El estado de los conductores de la línea a tierra.
- ✓ Terrenos donde hay corrosión, tener una atención especial.

Para el mantenimiento se debe verificar constantemente la resistividad del terreno (estación húmeda, como seca).

##### c) Puesta a Tierra

- ✓ Al oxidarse los electrodos en la puesta a tierra, esto causaría una avería.
- ✓ Al desgastarse las partes exteriores de sus aislantes.
- ✓ Al ocasionar corrosión en los puntos del conductor desnudo (tramos enterrados).

## TRANSMISIÓN

- a) Trabajos sin servicio de la Línea Aérea de Transmisión.
- b) Trabajos con servicio de la Línea Aérea de Transmisión.

a) No hay problema

Riesgo trabajo en altura.

b) Hay tres métodos

Es para evitar los accidentes.

- ✓ Trabajo en contacto con protección aislante en las manos, poco usado.
- ✓ Trabajo a distancia, el personal la reparación lo hace desde el suelo, con pértigas para manipular las herramientas.
- ✓ Trabajo a potencial, El personal ejecuta el trabajo a la misma tensión que el componente que se manipulara. También el personal tiene que estar bien aislado.

### 3.3.3.6 MÉTODOS PARA LOCALIZAR AVERÍAS

- a) Megger.
- b) Puente de Wheatstone, etc.

**a) Megger**, mide el aislamiento eléctrico.

**b) Puente de Wheaststone**, mide el valor de la resistencia con una gran exactitud. Y para sustituir o reparar la toma de tierra es necesario cumplir la condición de tensión de paso y de contacto. Y para sustituir o reparar los conductores es necesario cumplir la condición de continuidad.

### 3.3.3.7 EQUIPOS DE SEGURIDAD

#### PERTIGAS AISLANTES



FIGURA Nº 0 49

## GUANTES AISLANTES

Los guantes aislantes imposibilitan el paso de la corriente eléctrica, es usado por el método a distancia.



FIGURA Nº 0 50

El traje conductor está fabricado de hilos conductores. Además permite el paso de la corriente, es usado por el método de potencial.



**Traje Conductor**

**FUENTE:** <https://www.youtube.com/watch?v=OMdq2z8FnGA>

**FIGURA Nº 0 51**

## MANTAS AISLANTES

Los dispositivos de mando y protección son protegidos por las mantas aislantes.



**Mantas Aislantes**

**FUENTE:** <http://alfombraaislante.com/>

**FIGURA Nº 0 52**



**Alfombra Aislante****FUENTE:** <http://www.mackerargentina.com/>**FIGURA Nº 0 53**

## ESCALERA AISLANTE

Es usado por el método a potencial.

**Escalera Aislante****FUENTE:** <https://www.esmelux.com/escaleras-de-alta-tensi%C3%B3n>**FIGURA Nº 0 54**

## EQUIPOS DE TRABAJOS EN ALTURA

- ✓ Arnéses.
- ✓ Mosquetones.
- ✓ Cuerda.
- ✓ Casco.

Sujetan al operario a una altura elevada.





**Equipo de Trabajo (1)**

**FUENTE:** <https://www.youtube.com/watch?v=jU1EBLWbOzA>

**FIGURA Nº 0 55**



**Equipo de Trabajo (2)**

**FUENTE:**

<http://www.ellitoral.com/index.php/diarios/2009/07/11/nosotros/NOS-08.html>

**FIGURA Nº 0 56**

## MANTENIMIENTO DE LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN POR CRITICIDAD

En la Región Puno, el flujo de carga es en ambos sentidos porque puede ser alimentado desde San Gabán (Carabaya) como también desde Socabaya (Arequipa).

### 4.1 NOMENCLATURA

Luego de un análisis en la región Puno se hizo el siguiente análisis a las líneas 1006, 1011, 1012 y 1042 en base a lo siguiente.

### 4.2 VOLTAJE

Tensión en la que opera las líneas aéreas de transmisión que anteriormente se mostraron.

- 1) 30 KV.
- 2) 69 KV.
- 3) 138 KV.
- 4) 220 KV.

El voltaje de las líneas 1006, 1011, 1012 y 1042 es 138KV.

### 4.3 INDICE DE FALLA

Fallas que tuvieron las líneas durante el año, que son los siguientes.

Los datos son de mayo del 2015 hasta abril del 2016.

El índice de falla sale de la siguiente formula:

$$\text{INDICE}_{\text{FALLA}} = \frac{\text{NumeroFallasAño}}{\text{LONGITUD (KM)}} * 100$$

1006	1,21
1011	2,55
1012	0
1042	4,59

#### Índice de Falla

FUENTE: Red de Energía del Perú.

#### CUADRO Nº 0 5

#### 4.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Es la ubicación geográfica de las líneas 1006, 1011, 1012 y 1042 y queda como sigue:

- 1) Tintaya – Ayaviri.
- 2) Azángaro – Juliaca.
- 3) Juliaca – Puno.
- 4) Ayaviri – Azángaro.

#### 4.5 CARGA DE OPERACIÓN

Es la multiplicación de la Carga Nominal y el Factor de Carga y **para todas las líneas la carga de operación es 0,9.**

#### 4.6 FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO

Con qué frecuencia se realiza el mantenimiento a las líneas 1006, 1011, 1012 y 1042.

- 1) Realizado cada 2 años.
- 2) Realizado anualmente.

**Para estas líneas el mantenimiento se realiza cada 2 años.**

#### 4.7 VIDA ÚTIL

Cuanto tiempo de uso tiene las líneas 1006, 1011, 1012 y 1042.

- 2) 10 - 20 años.
- 3) 20 – 30 años.
- 4) 30 – 40 años.
- 5) Mayor a 40 años.

**Para estas líneas la vida útil es de 20 a 30 años.**

#### **4.8 ACCESO**

Es la dificultad que tienen los técnicos para acceder a las líneas 1006, 1011, 1012 y 1042.

- 1) Con acceso libre, sin dificultad.
- 2) Con acceso libre, con dificultad.
- 3) Con acceso restringido, bajo condiciones urbanas (Barrios o Zonas populares).
- 4) Con acceso restringido, bajo condiciones ambientales (Zona Montañosa).
- 5) Con acceso limitado, bajo condiciones urbanas, ambientales y dependientes de terceros (Barrios, Montaña, Propiedad Privada).

**Para este caso todas las líneas están con acceso libre y sin dificultad.**

#### **4.9 TIPO DE CIRCUITOS**

En qué sistema esta las líneas aéreas de transmisión.

- 1) Sistema Ramal.
- 2) Sistema Radial Con Respaldo.
- 3) Sistema Radial Sin Respaldo.
- 4) Sistema Anillo Con Respaldo.
- 5) Sistema Anillo Sin Respaldo.

**Para el tipo de circuito todas las líneas están en sistema anillo sin respaldo.**



y sistema anillo.

#### 4.9.1 SISTEMA ANILLO

Este sistema anillo es de gran importancia ya que forma un anillo entre la zona de distribución y las subestaciones con voltajes de operación.

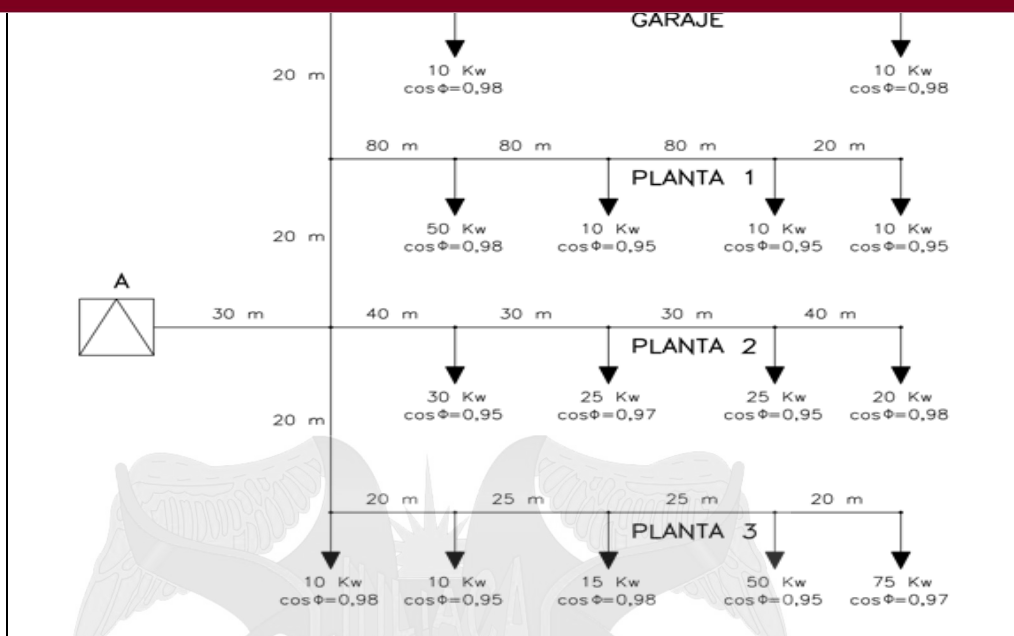
- ✓ 69KV.
- ✓ 138KV.
- ✓ 220KV.

A continuación se muestra un ejemplo:



FIGURA Nº 0 57

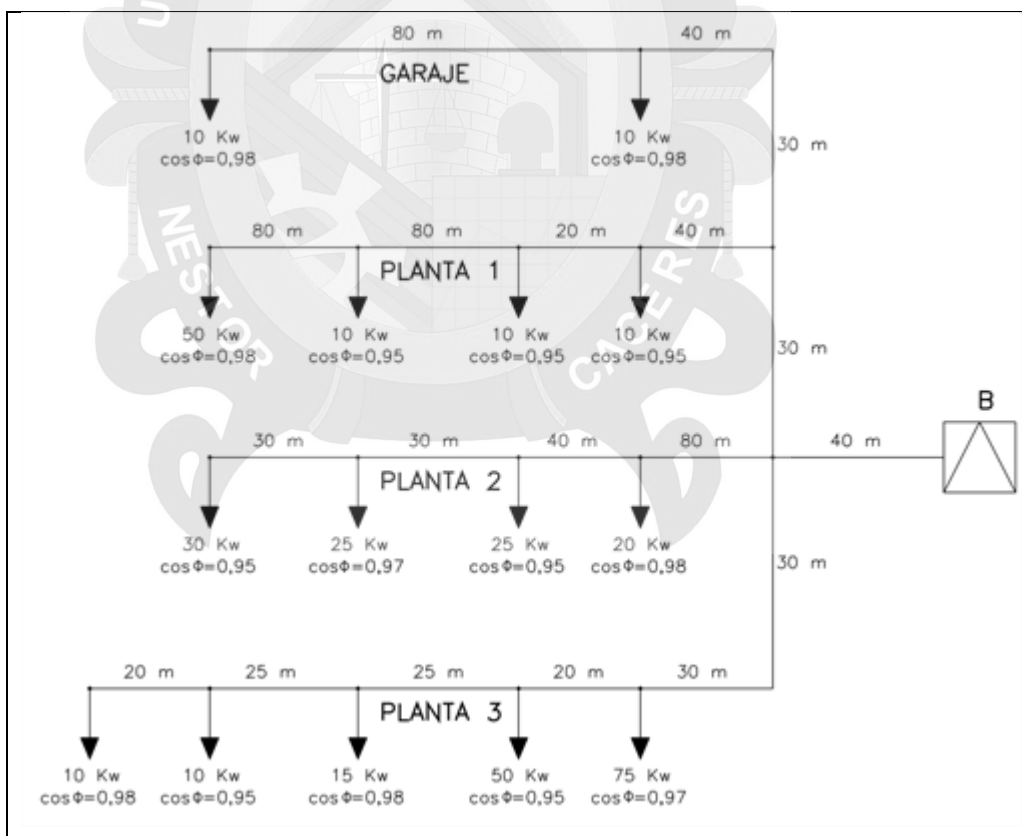




**Sistema Anillo (2)**

FUENTE: <http://apuntescientificos.org/redes.html>

**FIGURA Nº 0 58**



**Sistema Anillo (3)**

FUENTE: <http://apuntescientificos.org/redes.html>

**FIGURA Nº 0 59**

Es la que le sigue en orden de importancia después del sistema anillo, con voltajes de operación de:

- ✓ 30KV.
- ✓ 69KV.

A continuación se muestra un ejemplo:

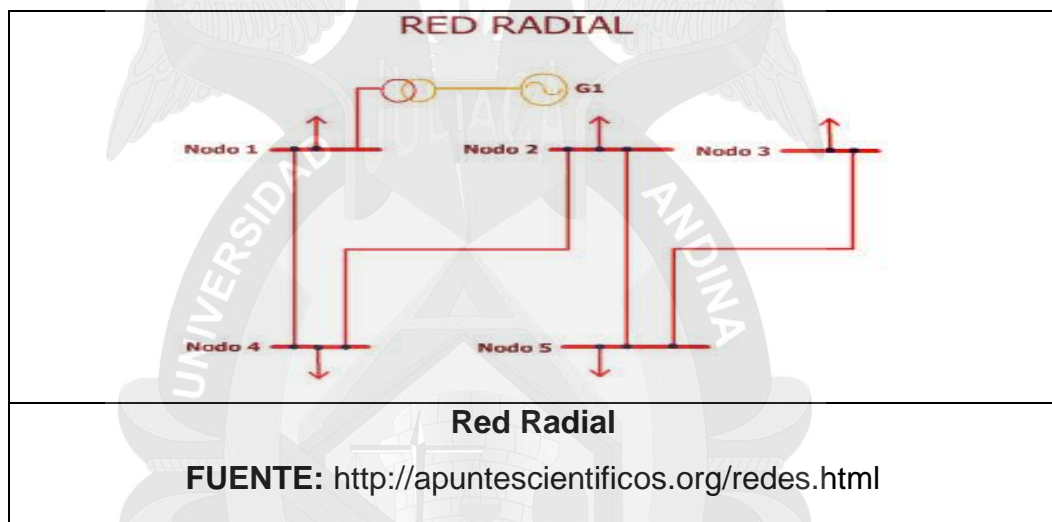


FIGURA Nº 0 60

#### 4.9.3 SISTEMA RAMAL

Le sigue en orden de importancia después del sistema radial, con voltajes de operación de:

- ✓ 30KV.
- ✓ 69KV.

A continuación se muestra un ejemplo:

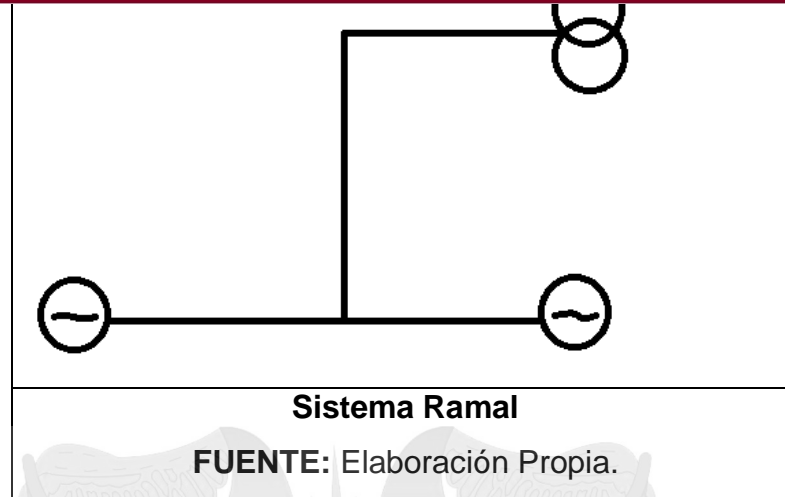


FIGURA Nº 0 61

#### 4.9.4 CON RESPALDO

Es un sistema confiable ya que cuenta con dos a más líneas.

#### 4.9.5 SIN RESPALDO

Es un sistema no muy confiable porque cuenta solo con una línea.

**Ahora se interpretara los resultados:**

- 1) Si el resultado esta de 60 a más, es una línea de mucha criticidad.
- 2) Si el resultado esta de 40 a 60, es una línea de bastante criticidad.
- 3) Si el resultado esta de 35 a 40, es una línea de regular criticidad.
- 4) Si el resultado esta de 0 a 35, es una línea de baja criticidad.

#### 4.10 COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Cuanto se gastara (valor económico) en la operación y mantenimiento de las líneas aéreas de transmisión.

#### 4.11 CÁLCULO REALIZADO PARA EL CENTRO DECISOR

Es un porcentaje que le corresponde a cada uno de los ítems según la importancia de izquierda a derecha.

$$W_j = \frac{\frac{1}{C_j}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}} * 100$$

**DONDE:**  $W_j$  = Peso Preferencial o Ponderado  
(Porcentual).

$C_j$  = Estimación del parámetro seleccionado  
(Ponderación del Centro Decisor).

$C_i$  = Sumatoria de los  $n$  parámetros evaluados.

Los valores  $C_j = 1$ ;  $n = 9$ , es porque hay nueve datos según el centro decisor y se empieza desde 1 hasta llegar al número 9.

#### 4.11.2 VOLTAJE



$$C_j = 1; n = 9.$$

$$W_{\text{Voltaje}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 35,46 \%$$

#### 4.11.3 COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO



$$C_j = 2; n = 9.$$

$$W_{\text{CostoO\&M}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 17,73 \%$$

#### 4.11.4 TIPO DE CIRCUITO



$$C_j = 3; n = 9.$$

$$W_{\text{TipoCircuito}} = \frac{\frac{1}{3}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 11,82 \%$$

#### 4.11.5 ÍNDICE DE FALLA



$$C_j = 4; n = 9.$$

$$W_{\text{IndiceFalla}} = \frac{4}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 8,86 \%$$

#### 4.11.6 FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO



$$C_J = 5; n = 9.$$

$$W_{\text{FrecuenciaMantenimiento}} = \frac{\frac{1}{5}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 7,09 \%$$

#### 4.11.7 CARGABILIDAD



$$C_J = 6; n = 9.$$

$$W_{\text{Cargabilidad}} = \frac{\frac{1}{6}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 5,91 \%$$

#### 4.11.8 VIDA ÚTIL



$$C_J = 7; n = 9.$$

$$W_{\text{VidaUtil}} = \frac{\frac{1}{7}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 5,06 \%$$

#### 4.11.9 UBICACIÓN GEOGRAFICA



$$C_J = 8; n = 9.$$

$$W_{\text{UbicacionGeografica}} = \frac{\frac{1}{8}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 4,43 \%$$

#### 4.11.10 ACCESO



$$C_J = 9; n = 9.$$

$$W_{\text{Acceso}} = \frac{\frac{1}{9}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 3,94 \%$$



Se transforma todos los datos de la matriz principal en valor por unidad.

#### 4.12.1 ECUACION DE NORMALIZACION

$$N = \frac{X_i}{X_j}$$

Dónde:

N = Valor Normalizado o en por unidad (p.u).

$X_i$  = Valor seleccionado.

$X_j$  = Valor máximo del conjunto o parámetro  
(Valor Base).

#### 4.12.2 DATOS INICIALES

Todos los datos iniciales son de la empresa privada Red de Energía del Perú

Línea Y/O Circuito	Distancia KM	Voltaje KV	Costo O&M (S/.)	Tipo de Circuito	Índice de Falla	Frecuencia de Mantenimiento	Cargabilidad	Vida Útil	Ubicación Geográfica	Acceso
1006	82,6	138	83750	5	1.21	1	0.9	3	1	1
1011	78	138	150750	5	2.55	1	0.9	3	2	1
1012	37	138	134000	5	0	1	0.9	3	3	1
1042	43,5	138	33500	5	4.59	1	0.9	3	4	1
<b>ESTIMACION</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>CENTRO DECISOR</b>										

**Datos Iniciales**

**FUENTE:** Red de Energía del Perú.

**CUADRO Nº 0 6**



$X_i = 30KV, 69KV, 138KV, 220KV.$

$X_j = 220KV.$

$$1) N_{VOLTAJE} = \frac{30KV}{220KV} = 0.1363$$

$$2) N_{VOLTAJE} = \frac{69KV}{220KV} = 0.3136$$

$$3) N_{VOLTAJE} = \frac{138KV}{220KV} = 0.6272$$

$$4) N_{VOLTAJE} = \frac{220KV}{220KV} = 1$$

1	30KV
2	69KV
3	138KV
4	220KV
RESULTADOS (p.u)	
LINEA Y/O CRTO	VOLTAJE KV
1006	0.6272
1011	0.6272
1012	0.6272
1042	0.6272

#### 4.12.4 COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Todos estos valores  $X_i$  son para 138KV.



$X_i = 83750.00, 150750.00,$

$134000.00, 33500.00.$

$X_j = 150750.00.$

$$1) N_{COSTO O\&M} = \frac{83750.00 \text{ SOLES}}{150750.00 \text{ SOLES}} = 0.5555$$

$$2) N_{COSTO O\&M} = \frac{150750.00 \text{ SOLES}}{150750.00 \text{ SOLES}} = 1$$

$$3) N_{COSTO O\&M} = \frac{134000.00 \text{ SOLES}}{150750.00 \text{ SOLES}} = 0.8888$$

$$4) N_{COSTO O\&M} = \frac{33500.00 \text{ SOLES}}{150750.00 \text{ SOLES}} = 0.2222$$

DATOS	
1006	83750,00
1011	150750,00
1012	134000,00
1042	33500,00
RESULTADOS (p.u)	
LINEA Y/O CRTO	COSTO O&M
1006	0,56
1011	1,00
1012	0,88
1042	0,22

#### 4.12.5 TIPO DE CIRCUITO



$X_i = 1, 2, 3, 4, 5.$

$X_j = 5.$

$$1) N_{TIPO DE CIRCUITO} = \frac{1}{5} = 0,2$$

$$2) N_{TIPO DE CIRCUITO} = \frac{2}{5} = 0,4$$

$$3) N_{TIPO DE CIRCUITO} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$4) N_{TIPO DE CIRCUITO} = \frac{4}{5} = 0,8$$

$$5) N_{TIPO DE CIRCUITO} = \frac{5}{5} = 1$$

DATOS	
1	Sistema Ramal.
2	Sistema Ramal Con Respaldo.
3	Sistema Ramal Sin Respaldo.
4	Sistema Anillo Con Respaldo.
5	Sistema Anillo Sin Respaldo.
RESULTADOS (p.u)	
LINEA Y/O CRTO	TIPO DE CIRCUITO
1006	1
1011	1
1012	1
1042	1



$$X_i = 1.21, 2.55, 0, 4.59.$$

$$X_j = 4.59.$$

$$1) N_{\text{INDICE DE FALLA}} = \frac{1.21}{4.59} = 0.26$$

$$2) N_{\text{INDICE DE FALLA}} = \frac{2.55}{4.59} = 0.55$$

$$3) N_{\text{INDICE DE FALLA}} = \frac{0}{4.59} = 0$$

$$4) N_{\text{INDICE DE FALLA}} = \frac{4.59}{4.59} = 1$$

1006	1,21
1011	2,55
1012	0
1042	4,59
RESULTADOS (p.u)	
LINEA Y/O CRTO	INDICE DE FALLA
1006	0.26
1011	0.55
1012	0
1042	1

#### 4.12.7 FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO



$$X_i = 1, 2.$$

$$X_j = 2.$$

$$1) N_{\text{FRECUENCIA DE MTTO}} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$2) N_{\text{FRECUENCIA DE MTTO}} = \frac{2}{2} = 1$$

DATOS	
1	Realizado cada 2 años.
2	Realizado anualmente.
RESULTADOS (p.u)	
LINEA Y/O CRTO	FREC. MTTO
1006	0.5
1011	0.5
1012	0.5
1042	0.5

#### 4.12.8 CARGABILIDAD



$$X_i = 0.9, 0.9, 0.9, 0.9.$$

$$X_j = 0.9.$$

$$1) N_{\text{CARGABILIDAD}} = \frac{0.9}{0.9} = 1$$

DATOS	
1006	0.9
1011	0.9
1012	0.9
1042	0.9
RESULTADOS (p.u)	
LINEA Y/O CRTO	CARGABILIDAD
1006	1
1011	1
1012	1
1042	1



$$X_i = 1, 2, 3, 4, 5.$$

$$X_j = 5.$$

$$1) N_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{1}{5} = 0.2$$

$$2) N_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{2}{5} = 0.4$$

$$3) N_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{3}{5} = 0.6$$

$$4) N_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{4}{5} = 0.8$$

$$5) N_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{5}{5} = 1$$

1	0 - 10 años.
2	10 - 20 años.
3	20 - 30 años.
4	30 - 40 años.
5	Mayor a 40 años.

#### RESULTADOS (p.u)

LINEA Y/O CRTO	VIDA ÚTIL
1006	0.6
1011	0.6
1012	0.6
1042	0.6

#### 4.12.10 UBICACIÓN GEOGRAFICA



$$X_i = 1, 2, 3, 4.$$

$$X_j = 4.$$

$$1) N_{\text{UBIC. GEOGRAFICA}} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$2) N_{\text{UBIC. GEOGRAFICA}} = \frac{2}{4} = 0.5$$

$$3) N_{\text{UBIC. GEOGRAFICA}} = \frac{3}{4} = 0.75$$

$$4) N_{\text{UBIC. GEOGRAFICA}} = \frac{4}{4} = 1$$

DATOS	
1	Tintaya – Ayaviri.
2	Azángaro - Juliaca
3	Juliaca – Puno.
4	Ayaviri – Azángaro

#### RESULTADOS (p.u)

LINEA Y/O CRTO	UBIC. GEOGRAFICA
1006	0.25
1011	0.5
1012	0.75
1042	1

#### 4.12.11 ACCESO



$$X_i = 1, 2, 3, 4, 5.$$

$$X_j = 5.$$

$$1) N_{\text{ACCESO}} = \frac{1}{5} = 0.2$$

$$2) N_{\text{ACCESO}} = \frac{2}{5} = 0.4$$

$$3) N_{\text{ACCESO}} = \frac{3}{5} = 0.6$$

$$4) N_{\text{ACCESO}} = \frac{4}{5} = 0.8$$

$$5) N_{\text{ACCESO}} = \frac{5}{5} = 1$$

DATOS	
1	Con acceso libre, sin dificultad.
2	Con acceso libre, con dificultad.
3	Con acceso restringido, bajo condiciones urbanas (Barrios o Zonas Populares).
4	Con acceso restringido, bajo condiciones ambientales (Zona Montañosa).
5	Con acceso limitado, bajo condiciones urbanas, ambientales y dependientes de terceros (Barrios, Montaña, Propiedad Privada).
RESULTADOS (p.u)	
LÍNEA Y/O CRTO	ACCESO
1006	0.2
1011	0.2
1012	0.2
1042	0.2

#### 4.12.12 RESUMEN EN VALOR POR UNIDAD

Línea Y/O Circuito	Distancia KM	Voltaje KV	Costo O&M (\$/.)	Tipo de Circuito	Índice de Falla	Frecuencia de Mantenimiento	Cargabilidad	Vida Útil	Ubicación Geográfica	Acceso
1006	82.6	0.6272	0.5555	1	0.26	0.5	1	0.6	0.25	0.2
1011	78	0.6272	1	1	0.55	0.5	1	0.6	0.5	0.2
1012	37	0.6272	0.8888	1	0	0.5	1	0.6	0.75	0.2
1042	43.5	0.6272	0.2222	1	1	0.5	1	0.6	1	0.2
<b>ESTIMACION</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>CENTRO DECISOR</b>										
<b>PESO PORCENTUAL</b>		<b>35.46</b>	<b>17.73</b>	<b>11.82</b>	<b>8.86</b>	<b>7.09</b>	<b>5.91</b>	<b>5.06</b>	<b>4.43</b>	<b>3.94</b>
<b>(%)</b>										



## PARAMETROS

Las líneas tienen los siguientes Ítems:

- ✓ Voltaje.
- ✓ Costo O&M.
- ✓ Tipo de Circuito.
- ✓ Índice de Falla.
- ✓ Frecuencia de Mantenimiento.
- ✓ Cargabilidad.
- ✓ Vida Útil.
- ✓ Ubicación Geográfica.
- ✓ Acceso.

## CALCULO REALIZADO EN LA ESTIMACION DE SUBDIVISION DE PARAMETROS

Este cálculo se realiza con la formula siguiente:

### ECUACION PESO PONDERADO O REFERENCIAL

$$W_j = \frac{\frac{1}{C_j}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}} * 100 \quad \text{DONDE: } W_j = \text{Peso referencial o ponderado (porcentual).}$$

$C_j$  = Estimación del parámetro seleccionado.

$C_i$  = Sumatoria de los n parámetros evaluados.

#### 4.13.1 VOLTAJE



$C_j = 1, 2, 3, 4; C_i = 4; n = 4.$

$$1) W_{\text{Voltaje}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^4 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4})} * 100 = 48 \%$$

$$2) W_{\text{Voltaje}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sum_{i=1}^4 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4})} * 100 = 24 \%$$

DATOS	
1	220KV
2	138KV
3	69KV
4	30KV
RESULTADOS (%) N.T	
LINEA Y/O CRTO	VOLTAJE
1006	24
1011	24
1012	24
1042	24

$$3) W_{\text{Voltaje}} = \frac{3}{\sum_{i=1}^4 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4})} * 100 = 16 \%$$

$$4) W_{\text{Voltaje}} = \frac{\frac{1}{4}}{\sum_{i=1}^4 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4})} * 100 = 12 \%$$

#### 4.13.2 TIPO DE CIRCUITO



$C_j = 1, 2, 3, 4, 5; C_i = 5; n = 5.$

$$1) W_{\text{TIPO DE CIRCUITO}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 44 \%$$

$$2) W_{\text{TIPO DE CIRCUITO}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 22 \%$$

$$3) W_{\text{TIPO DE CIRCUITO}} = \frac{\frac{1}{3}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 15 \%$$

$$4) W_{\text{TIPO DE CIRCUITO}} = \frac{\frac{1}{4}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 11 \%$$

$$5) W_{\text{TIPO DE CIRCUITO}} = \frac{\frac{1}{5}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 9 \%$$

DATOS	
1	Red Anillo Sin Respaldo.
2	Red Anillo Con Respaldo.
3	Red Radial Con Respaldo.
4	Red Radial Sin Respaldo.
5	Red Ramal.
RESULTADOS (%) T.C	
LINEA Y/O CRTO	TIPO DE CIRCUITO
1006	44
1011	44
1012	44
1042	44



$$C_j = 1, 2; C_i = 2; n = 2.$$

$$1) W_{\text{FREC. MTTO}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^2 (1 + \frac{1}{2})} * 100 = 67 \%$$

$$2) W_{\text{FREC. MTTO}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sum_{i=1}^2 (1 + \frac{1}{2})} * 100 = 33 \%$$

1	Anualmente.
2	Cada 2 años.
<b>RESULTADOS (%) F.M</b>	
LINEA Y/O CRTO	FREC. MTTO
1006	33
1011	33
1012	33
1042	33

#### 4.13.4 VIDA ÚTIL



$$C_j = 1, 2, 3, 4, 5; C_i = 5; n = 5.$$

$$1) W_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 44 \%$$

$$2) W_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 22 \%$$

$$3) W_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{\frac{1}{3}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 15 \%$$

$$4) W_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{\frac{1}{4}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 11 \%$$

$$5) W_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{\frac{1}{5}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 9 \%$$

<b>DATOS</b>	
1	Mayor a 40 años.
2	Entre 30 y 40 años.
3	Entre 20 y 30 años.
4	Entre 10 y 20 años.
5	Menores a 10 años.
<b>RESULTADOS (%) V.U</b>	
LINEA Y/O CRTO	VIDA ÚTIL
1006	15
1011	15
1012	15
1042	15



$C_j = 1, 2, 3, 4; C_i = 4; n = 4.$

$$1) W_{\text{UBIC. GEOGRAFICA}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^4 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4})} * 100 = 48 \%$$

$$2) W_{\text{UBIC. GEOGRAFICA}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sum_{i=1}^4 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4})} * 100 = 24 \%$$

$$3) W_{\text{UBIC. GEOGRAFICA}} = \frac{\frac{1}{3}}{\sum_{i=1}^4 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4})} * 100 = 16 \%$$

$$4) W_{\text{UBIC. GEOGRAFICA}} = \frac{\frac{1}{4}}{\sum_{i=1}^4 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4})} * 100 = 12 \%$$

DATOS	
1	Ayaviri – Azángaro.
2	Juliaca – Puno.
3	Azángaro – Juliaca.
4	Tintaya – Ayaviri.
RESULTADOS (%) N.T	
LINEA Y/O CRTO	VOLTAJE
1006	48
1011	24
1012	16
1042	12

#### 4.13.6 ACCESO



$C_j = 1, 2, 3, 4, 5; C_i = 5; n = 5.$

$$1) W_{\text{ACCESO}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 44 \%$$

$$2) W_{\text{ACCESO}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 22 \%$$

$$3) W_{\text{ACCESO}} = \frac{\frac{1}{3}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 15 \%$$

$$4) W_{\text{ACCESO}} = \frac{\frac{1}{4}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 11 \%$$

$$5) W_{\text{ACCESO}} = \frac{5}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 9 \%$$

DATOS	
1	Con acceso limitado, bajo condiciones urbanas, ambientales y dependientes de terceros (Barrios, Montaña, Propiedad Privada).
2	Con acceso restringido, bajo condiciones ambientales (Zona Montañosa).
3	Con acceso restringido, bajo condiciones urbanas (Barrios o Zonas Populares).
4	Con acceso libre, con dificultad.
5	Con acceso libre, sin dificultad.
RESULTADOS (%) ACC	
LINEA Y/O CRTO	ACCESO
1006	9
1011	9
1012	9
1042	9

#### 4.13.7 RESUMEN EN PORCENTAJES

Línea Y/O Circuito	Distancia KM	Voltaje KV (N.T)	Tipo de Circuito (T.C)	Frecuencia de Mantenimiento (F.M)	Vida Útil (V.U)	Ubicación Geográfica (U.G)	Acceso (ACC)
1006	82,6	24	44	33	15	48	9
1011	78	24	44	33	15	24	9
1012	37	24	44	33	15	16	9
1042	43,5	24	44	33	15	12	9



## PORCENTAJES

Se emplea una regla de tres simple para la conversión de los valores.

### 4.14.1 VOLTAJE

138 KV = 24 %

Ahora se hace la conversión.

24 %  $\longrightarrow$  35,46 %

24 %  $\longrightarrow$  X

X = 35,46 %

RESULTADOS	
LINEA Y/O CRTO	VOLTAJE %
1006	35,46
1011	35,46
1012	35,46
1042	35,46

### 4.14.2 COSTO O&M

1 %  $\longrightarrow$  17,73 %

0,5555 %  $\longrightarrow$  X

X = 9,84 %

1 %  $\longrightarrow$  17,73 %

0,8888 %  $\longrightarrow$  X

X = 15,75 %

DATOS	
1006	0,5555
1011	1
1012	0,8888
1042	0,2222
RESULTADO	
LINEA Y/O CRTO	COSTO O&M (%)
1006	9,84
1011	17,73
1012	15,75
1042	3,93

1 %  $\longrightarrow$  17,73 %

0,2222 %  $\longrightarrow$  X

X = 3,93 %

44 %  $\longrightarrow$  11,82 %

44 %  $\longrightarrow$  X

X = 11,82 %

Red Anillo Sin Respaldo.	44%
Red Anillo Con Respaldo.	22%
Red Radial Con Respaldo.	15%
Red Radial Sin Respaldo.	11%
Red Ramal.	9%
<b>RESULTADOS</b>	
<b>LINEA Y/O CRTO</b>	<b>TIPO DE CRTO (%)</b>
1006	11.82
1011	11.82
1012	11.82
1042	11.82

#### 4.14.4 INDICE DE FALLA

1 %  $\longrightarrow$  8.86 %

0.26 %  $\longrightarrow$  X

X = 2.3036 %

<b>DATOS</b>	
1006	0.26
1011	0.55
1012	0
1042	1
<b>RESULTADOS</b>	
<b>LINEA Y/O CRTO</b>	<b>INDICE DE FALLA (%)</b>
1006	2.3036
1011	4.873
1012	0
1042	8.86

1 %  $\longrightarrow$  8.86 %

0.55 %  $\longrightarrow$  X

X = 4.873 %

#### 4.14.5 FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO

33 %  $\longrightarrow$  7,09 %

33 %  $\longrightarrow$  X

X = 7,09 %

<b>DATOS</b>	
1006	33
1011	33
1012	33
1042	33
<b>RESULTADOS</b>	
<b>LINEA Y/O CRTO</b>	<b>FREC. MTTO (%)</b>
1006	7,09
1011	7,09
1012	7,09
1042	7,09

1 % → 5,91 %

1 % → X

X = 5,91 %

1006	1
1011	1
1012	1
1042	1
RESULTADOS	
LINEA Y/O CRTO	CARGABILIDAD (%)
1006	5,91
1011	5,91
1012	5,91
1042	5,91

#### 4.14.7 VIDA ÚTIL

15 % → 5,06 %

15 % → X

X = 5,06 %

DATOS	
1006	15
1011	15
1012	15
1042	15
RESULTADOS	
LINEA Y/O CRTO	VIDA ÚTIL (%)
1006	5,06
1011	5,06
1012	5,06
1042	5,06

#### 4.14.8 UBICACIÓN GEOGRAFICA

48 % → 4,43 %

12 % → X

X = 1,1075 %

DATOS	
1006	48
1011	24
1012	16
1042	12
RESULTADOS	
LINEA Y/O CRTO	UBIC. GEO (%)
1006	4,43
1011	2,215
1012	1,476
1042	1,1075

48 % → 4,43 %

24 % → X

X = 2,215 %

48 % → 4,43 %

16 % → X

X = 1,476 %

9 % → 3,94 %

9 % → X

X = 3,94 %

LINEA Y/O CRTO	ACCESO (%)
1006	9
1011	9
1012	9
1042	9
RESULTADOS	
LINEA Y/O CRTO	ACCESO (%)
1006	3,94
1011	3,94
1012	3,94
1042	3,94

#### 4.14.10 RESUMEN

Línea Y/O Circuito	Distancia KM	Voltaje KV (%)	Costo O&M (S/.) %	Tipo de Circuito (%)	Índice de Falla (%)	Frecuencia de Mantenimiento (%)	Cargabilidad (%)	Vida Útil (%)	Ubicación Geográfica (%)	Acceso (%)	Porcentaje Final (%)
1006	82.6	35.46	9.84	11.82	2.303	7.09	5.91	5.06	4.43	3.94	85.85
1011	78	35.46	17.73	11.82	4.873	7.09	5.91	5.06	2.215	3.94	94.09
1012	37	35.46	15.75	11.82	0	7.09	5.91	5.06	1.476	3.94	86.50
1042	43.5	35.46	3.93	11.82	8.86	7.09	5.91	5.06	1.107	3.94	83.17

Los datos de los respectivos cálculos para determinar que líneas es la más crítica han sido gracias al apoyo de la empresa Red de Energía del Perú.

## HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

Antes de explicar cómo se elaboró la Herramienta Computacional, diremos como es el flujo de carga es en ambos sentidos porque puede ser alimentado desde San Gabán (Carabaya) como también desde Socabaya (Arequipa).

### 5.1 HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

El ámbito de estudio enfocara y aplicara la Herramienta Computacional en toda la Región Puno que corresponde a las Líneas **(L-1006, L1011, L-1012 y L-1042)**.

Antes de realizar la herramienta computacional O.M.L.A.T, se utilizó el software DFD, para efectuar el algoritmo.

El DFD es un programa, diseñado para analizar y construir los algoritmos. Con él se pueden crear diagramas de flujo de datos para representar algoritmos a partir de problemas planteados.

El programa ofrece una serie de herramientas y comandos para utilizar en la construcción de algoritmos **[23]**.

Para la creación de la herramienta computacional se utilizó el programa de Visual Basic 6.0, que básicamente es un lenguaje de programación de alto nivel que evoluciona a partir de la versión anterior de DOS llamado Basic. Basic significa todos los fines código de instrucción simbólica de iniciación. Es un lenguaje de programación relativamente fácil de aprender. El código se parece mucho al idioma inglés. Diferentes compañías de software producen diferentes versiones de BASIC, tales como Microsoft QBASIC, QUICKBASIC, GWBASIC, IBM BASICA y así sucesivamente. Sin embargo, las personas prefieren utilizar Microsoft Visual Basic hoy en día, ya que es un lenguaje de programación bien desarrollado y los recursos de apoyo están disponibles en todas partes. Ahora, existen muchas versiones de Visual Basic en el mercado, el más popular y sigue siendo ampliamente utilizado por muchos programadores de Visual Basic no es otro que Visual Basic 6.0, también tenemos Visual Basic.Net, Visual Basic 2008, Visual Basic 2010, Visual Basic 2012 y Visual Basic 2013. Están completamente con una programación orientada a objetos (POO).

VISUAL BASIC es también un lenguaje de programación visual y controlada por eventos. Estas son las principales diferencias en relación con el antiguo BASIC.



se ejecuta de forma secuencial. En Visual Basic 6.0, la programación se realiza en un entorno gráfico. En el antiguo BASIC, usted tiene que escribir el código del programa para cada objeto grafico que desea mostrar en pantalla, incluyendo su posición y su color. Sin embargo, en Visual Basic 6.0, solo tiene que arrastrar y soltar cualquier objeto grafico en cualquier lugar en el formulario, y usted puede cambiar sus propiedades mediante la ventana de propiedades.

Además, Visual Basic 6.0 es impulsado por el evento, porque tenemos que escribir el código con el fin de realizar algunas tareas en respuesta a ciertos eventos. Los eventos normalmente comprenden, pero no es limitado a las entradas del usuario. Algunos de los eventos son de carga, clic, doble clic, arrastrar y soltar, pulsar las teclas y más. Vamos a aprender más acerca de los acontecimientos en lecciones posteriores. Por lo tanto, un programa de Visual Basic 6.0 se compone de muchos subprogramas, cada uno tiene su propio código de programa, y cada uno se puede ejecutar de forma independiente y al mismo tiempo cada uno puede ser unido entre si de una manera u otra.

Los programas que se pueden crear con VISUAL BASIC 6.0, es dependiendo a sus objetivos. Para profesores de matemática, tu puedes crear programas de matemática tales como Progresión Geométrica, Solución de Ecuaciones Cuadráticas, Solución de Sistemas de Ecuaciones, Números Primos, Ploteo de funciones graficas cuadráticas y así sucesivamente. Para profesores de ciencia, tú puedes crear programas de simulación tales como Projectiles, Movimiento Armónico Simple, etc. Si usted está en el negocio, tú puedes también crear aplicaciones para el negocio tales como sistema de gestión de inventario, calculadora de amortización, calculadora de inversiones, punto de venta, sistema de nómina, programa de contabilidad y mucho más para gestionar su negocio y aumentar su productividad. Para aquellos que les gustan los juegos, se puede crear programas como tres en raya, etc. Además, se pueden crear programas multimedia, como audio inteligente, reproductor multimedia y mucho más. De hecho, no hay limite a lo que el programas puede crear [16].

**Para la Herramienta Computacional se hizo lo siguiente:**

- a) Algoritmo.
- b) Estrategias.

b.2) Procesos.

b.3) Salidas.

- c) Diagrama de Flujo.
- d) Diseño de Interfaz de Usuario.
- e) Código de Programa.
- f) Manual de Usuario.
- g) Pruebas (Resultados).
- h) Estructura de la Base de Datos.

## 5.2 ALGORITMO

### 5.2.1 INGRESO AL SISTEMA

- ✓ Pide usuario y contraseña.
- ✓ Consulta en la base de Datos usuario y contraseña.
- ✓ Si es correcto da acceso al formulario principal.
- ✓ Dependiendo de los permisos que tenga el usuario tendrá habilitado ciertos menús.

### 5.2.2 INGRESO DE DATOS

- ✓ Pide a elegir una línea específica.
- ✓ Rellena los campos con el perfil predeterminado.
- ✓ Pide confirmación del campo de los valores según vayan siendo recorridos.
- ✓ Si los datos son correctos y el resultado esta generado pide una confirmación para guardar los resultados, de lo contrario pone en blanco los campos.

### 5.2.3 INGRESO DE DATOS Y NOMBRES

- ✓ Pide ingreso escrito de una nueva línea con su nombre y valor.
- ✓ De igual manera para los demás.
- ✓ Al finalizar pide una confirmación para guardar los datos ingresados.

- ✓ Muestra en pantalla todos los datos ingresados y sus respectivos resultados denotando hora y fecha de ingreso.
- ✓ Al clicar en el botón exportar pueden mostrarse estos datos en Excel para ser analizados.

### 5.2.5 MENU AYUDA

- ✓ Al elegir este menú muestra un archivo Word en el cual detalla el uso del software.

### 5.2.6 MENU ACERCA

- ✓ Muestra versión del software.

### 5.2.7 ARCHIVO

- ✓ Muestra menú salir, para desloguearnos del sistema.

## 5.3 ESTRATEGIAS

### 5.3.1 ENTRADAS

Línea Y/O Circuito	Distancia KM	Voltaje KV	Costo O&M (S/.)	Tipo de Circuito	Índice de Falla	Frecuencia de Mantenimiento	Cargabilidad	Vida Útil	Ubicación Geográfica	Acceso
1006	82,6	138	83750	5	1.21	1	0.9	3	1	1
1011	78	138	150750	5	2.55	1	0.9	3	2	1
1012	37	138	134000	5	0	1	0.9	3	3	1
1042	43,5	138	33500	5	4.59	1	0.9	3	4	1
<b>ESTIMACION</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>CENTRO DECISOR</b>										

### ECUACION PESO PORCENTUAL

$$W_j = \frac{\frac{1}{C_j}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}} * 100$$

**DONDE:**  $W_j$  = Peso Preferencial o Ponderado

(Porcentual).

$C_j$  = Estimación del parámetro seleccionado

(Ponderación del Centro Decisor).

$C_i$  = Sumatoria de los  $n$  parámetros evaluados.

### ECUACION DE NORMALIZACION

$$N = \frac{X_i}{X_j}$$

Dónde:

$N$  = Valor Normalizado o en por unidad (p.u).

$X_i$  = Valor seleccionado.

$X_j$  = Valor máximo del conjunto o parámetro (Valor Base).

### REGLA DE TRES SIMPLE

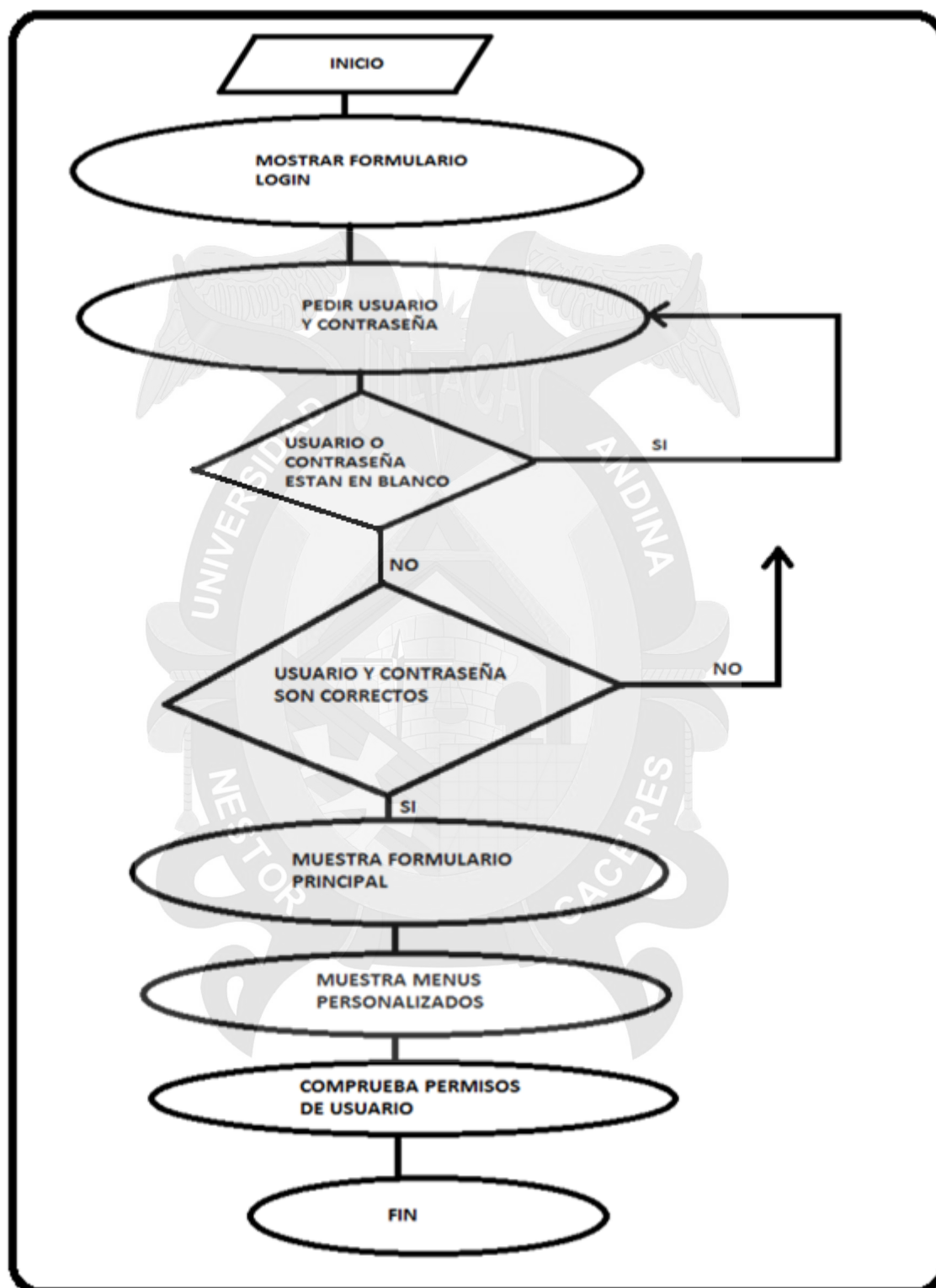
a → b  
c → x

$$X = \frac{c*b}{a}$$

### 5.3.3 SALIDAS

Línea Y/O Circuito	Distancia KM	Voltaje KV (%)	Costo O&M (S/.) %	Tipo de Circuito (%)	Índice de Falla (%)	Frecuencia de Mantenimiento (%)	Cargabilidad (%)	Vida Útil (%)	Ubicación Geográfica (%)	Acceso (%)	Porcentaje Final (%)
1006	82,6	35,46	9,84	11.82	2.303	7,09	5,91	5,06	4,43	3,94	85.8
1011	78	35,46	17,73	11.82	4.873	7,09	5,91	5,06	2,215	3,94	94.0
1012	37	35,46	15,75	11.82	0	7,09	5,91	5,06	1,476	3,94	86.5
1042	43,5	35,46	3,93	11.82	8.86	7,09	5,91	5,06	1,1075	3,94	83.17

## 5.4.1 INGRESO AL SISTEMA

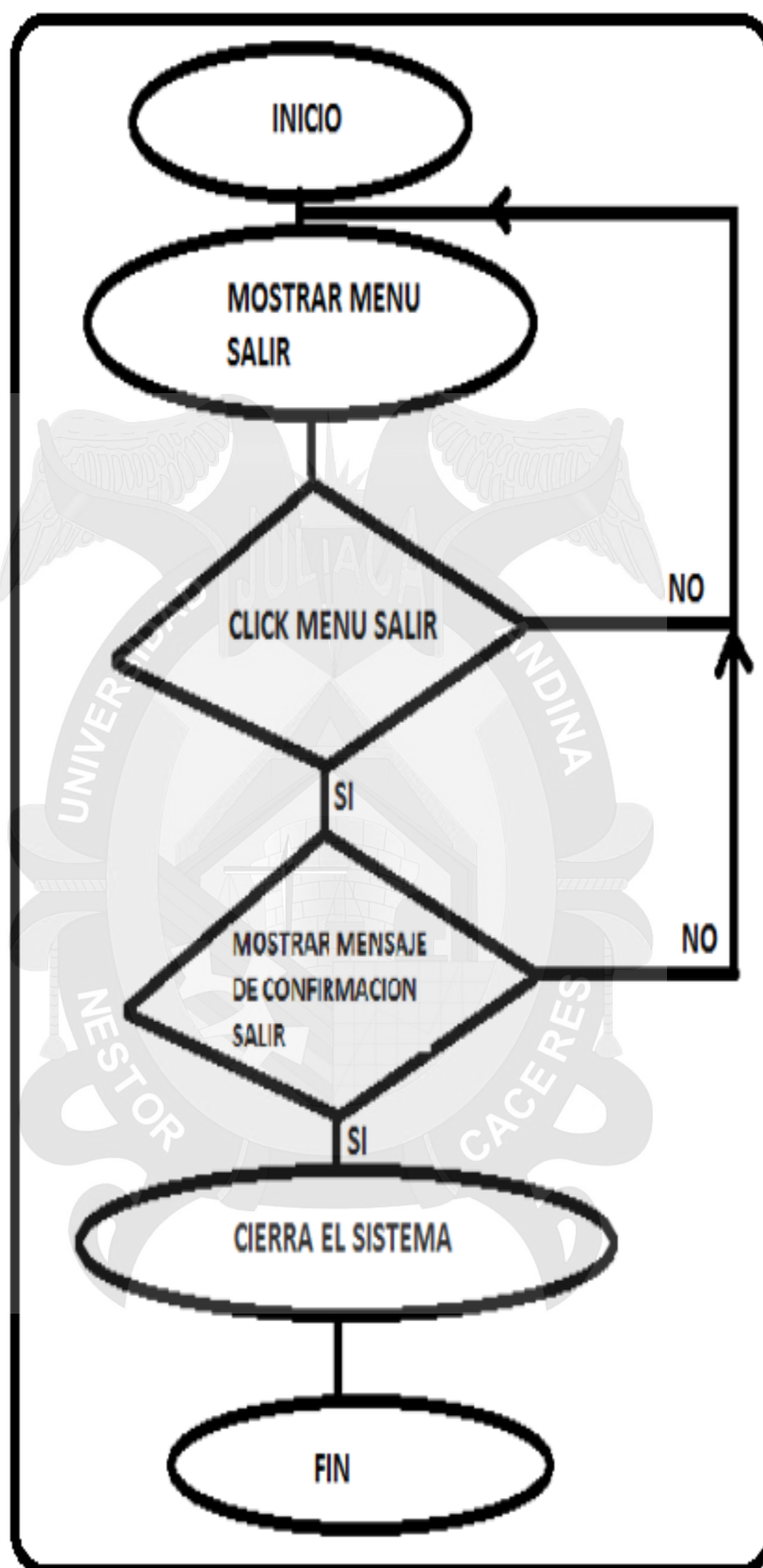


Ingreso al Sistema.

FUENTE: Elaboración Propia.

FIGURA Nº 0 62

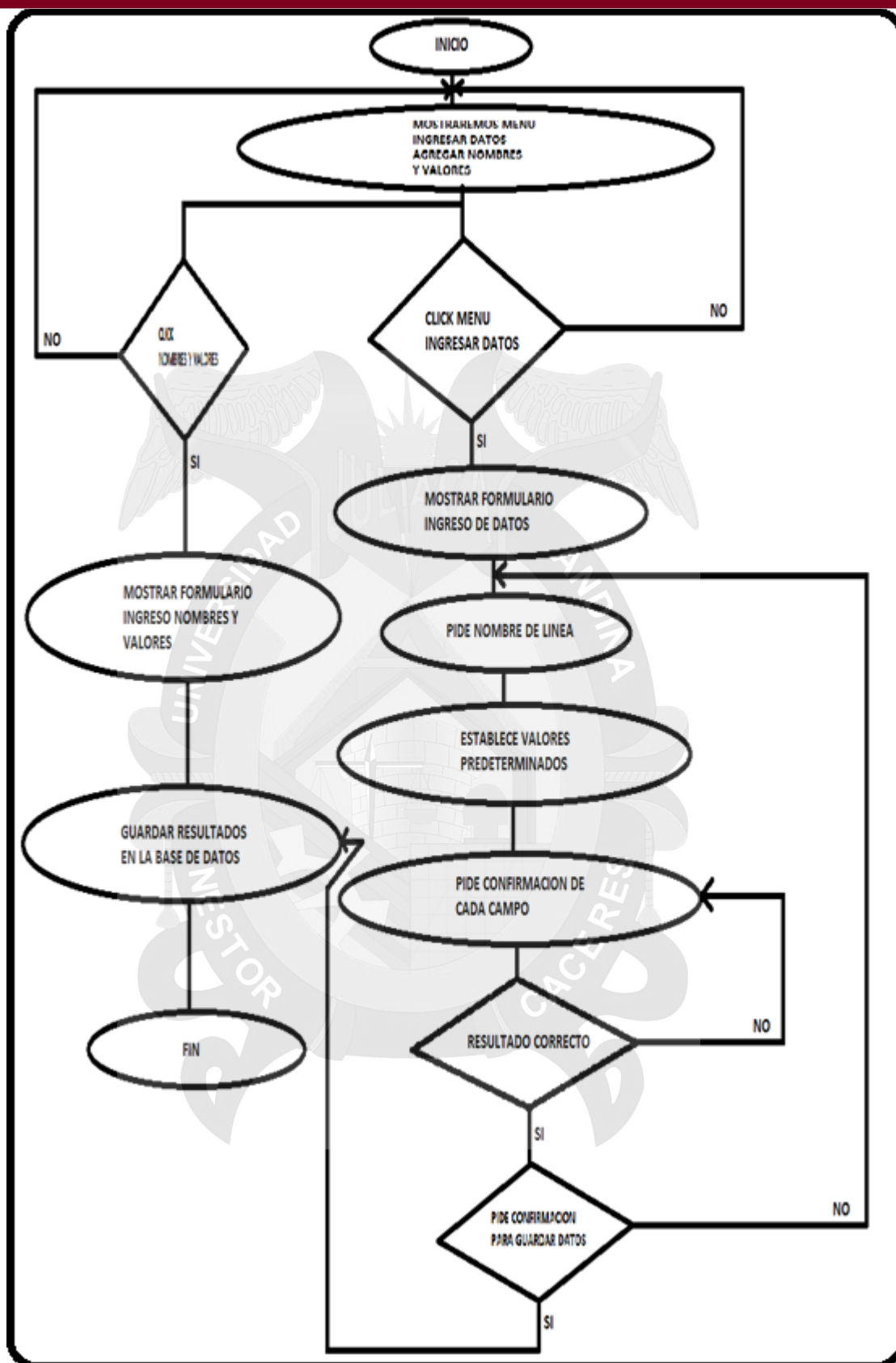




Menú Archivo.

FUENTE: Elaboración Propia.

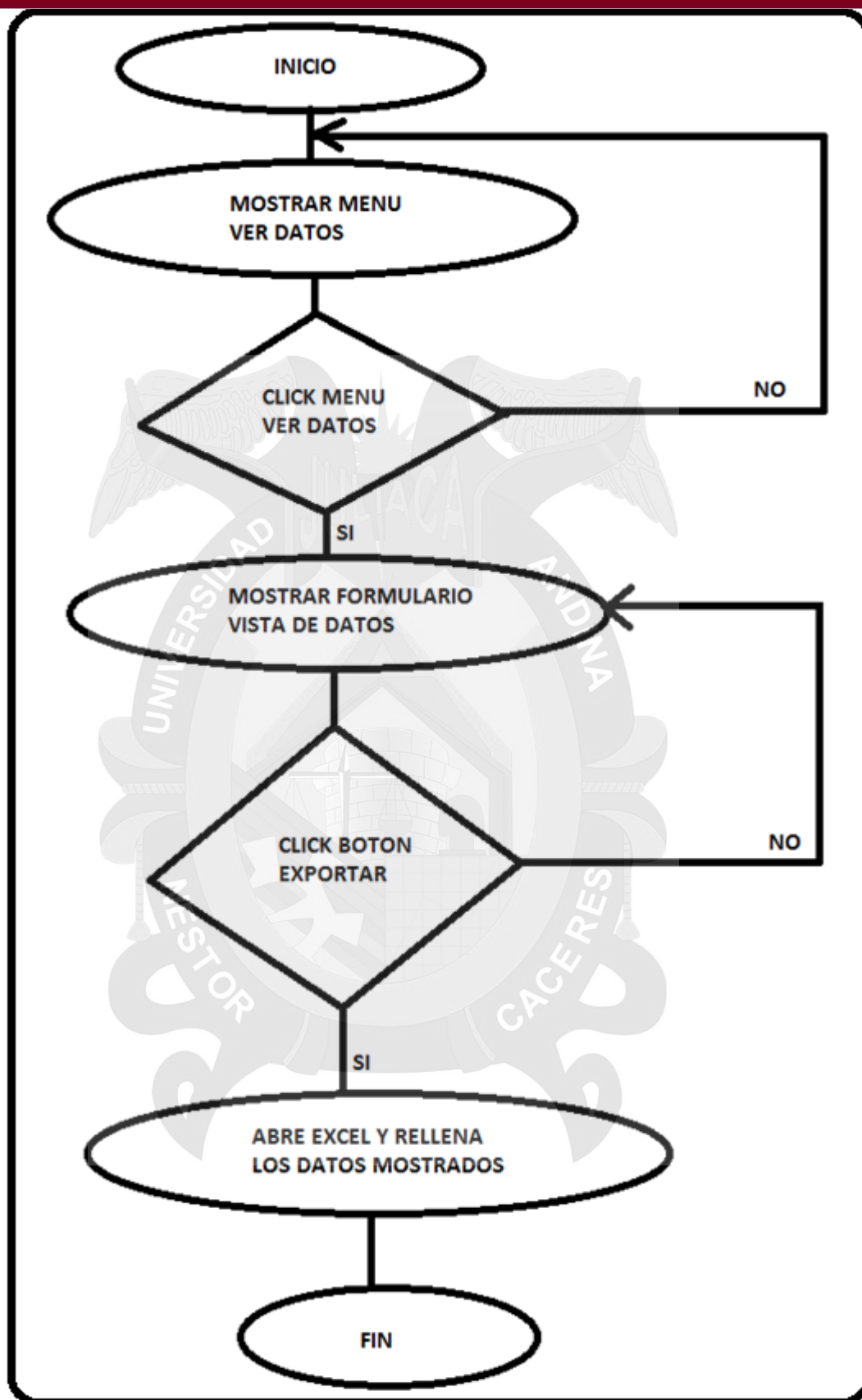
FIGURA N° 0 63



**Menú Edición.**

**FUENTE:** Elaboración Propia.

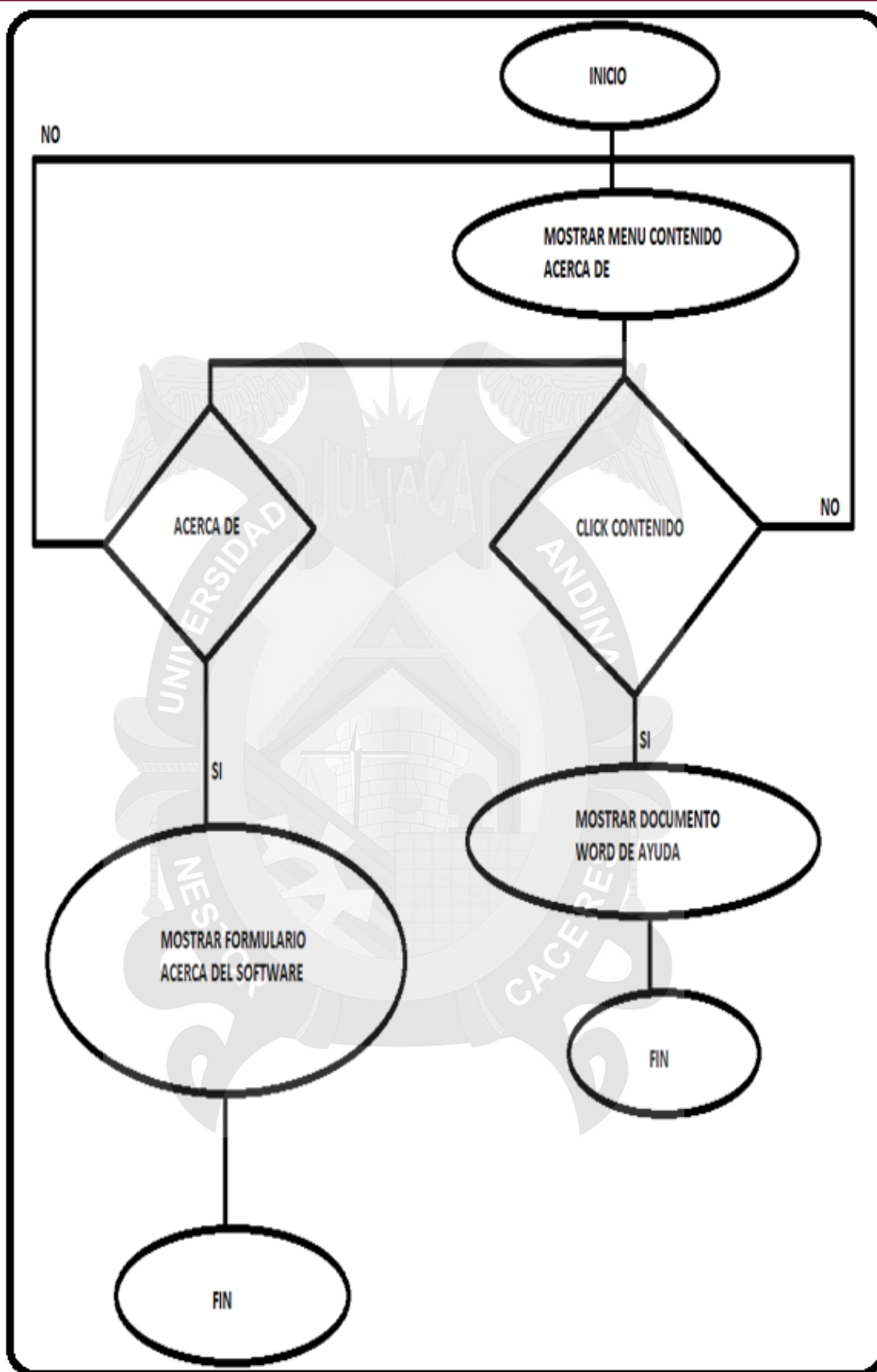
**FIGURA Nº 0 64**



Menú Ver.

FUENTE: Elaboración Propia.

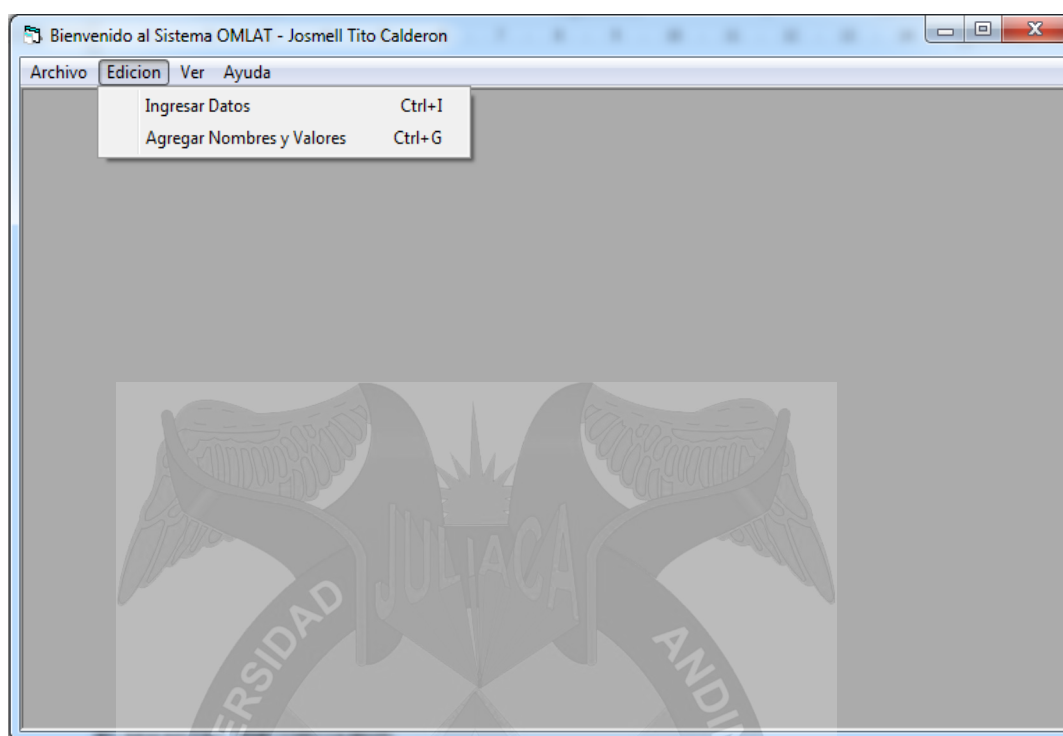
FIGURA Nº 0 65



Menú Ayuda.

FUENTE: Elaboración Propia.

FIGURA Nº 0 66

**Diseño de Interfaz de Usuario****FUENTE:** Elaboración Propia**FIGURA Nº 0 67****5.6 CODIGO DE PROGRAMA**

Formulario Principal:

Private Sub MnuAcerca\_Click()

Frm\_Acerca.Show

End Sub

Private Sub MnuIngresar1\_Click()

Frm\_Calcular1.Show

End Sub

Private Sub MnuAgregar\_Click()

Frm\_Editar1.Show

End Sub

Private Sub MnuContenido\_Click()





```
Set wb = CreateObject("Word.Basic")
wb.FileOpen Name:=App.Path & ".Manual.docx"
wb.AppShow
End Sub

Private Sub MnuIngresar_Click()
Frm_Calcular1.Show
End Sub

Private Sub MnuSalir_Click()
If MsgBox("Desea Salir del Sistema?", vbInformation + vbYesNo, "Aviso") = vbYes
Then
Unload Me
End If

End Sub

Private Sub MnuVerDatos_Click()
Frm_Ver1.Show
End Sub

Formulario Calcular:
Public PorFVoltaje As Double
Public PorFCosto As Double
Public PorFTipoCkto As Double
Public PorFIndice As Double
Public PorFFrecuencia As Double
Public PorFCargabilidad As Double
Public PorFVidaUtil As Double
Public PorFUbicacion As Double
Public PorFAcceso As Double
Public PorCosto As Integer
Public PorIndice As Integer
Public PorUbicacion As Integer
Private Sub Form_Load()
```



AbreTablaMantLineas  
AbreTablaLineaCkto  
AbreTablaLineaCkto1  
AbreTablaDistancia  
AbreTablaVoltaje  
AbreTablaCosto  
AbreTablaTipoCkto  
AbreTablaIndice  
AbreTablaFrecuencia  
AbreTablaCargabilidad  
AbreTablaVidaUtil  
AbreTablaUbicacion  
AbreTablaAcceso  
AbreTablaVoltaje2  
AbreTablaTipoCkto2  
AbreTablaFrecuencia2  
AbreTablaVidaUtil2  
AbreTablaUbicacion2  
AbreTablaAcceso2

'Agregar Voltaje al Data Combo Voltaje  
Set Dtc\_LineaCkto.RowSource = RsTablaLineaCkto  
Dtc\_LineaCkto.BindColumn = "NomLineaCkto1"  
Dtc\_LineaCkto.ListField = "NomLineaCkto1"

'Agregar Voltaje al Data Combo Voltaje  
Set Dtc\_Distancia1.RowSource = RsTablaDistancia  
Dtc\_Distancia1.BindColumn = "NomDistancia"  
Dtc\_Distancia1.ListField = "NomDistancia"  
'Agregar Voltaje al Data Combo Voltaje  
Set Dtc\_Voltaje1.RowSource = RsTablaVoltaje  
Dtc\_Voltaje1.BindColumn = "NomVoltaje1"  
Dtc\_Voltaje1.ListField = "NomVoltaje1"  
'Agregar Voltaje al Data Combo Voltaje



Dtc\_Costo1.BindColumn = "NomCosto"

Dtc\_Costo1.ListField = "NomCosto"

'Agregar Voltaje al Data Combo Tipo Circuito

Set Dtc\_TipoCkto1.RowSource = RsTablaTipoCkto

Dtc\_TipoCkto1.BindColumn = "NomTipoCkto1"

Dtc\_TipoCkto1.ListField = "NomTipoCkto1"

'Agregar Voltaje al Data Combo Tipo Circuito

Set Dtc\_Indice1.RowSource = RsTablaIndice

Dtc\_Indice1.BindColumn = "NomIndice"

Dtc\_Indice1.ListField = "NomIndice"

'Agregar Voltaje al Data Combo Frecuencia de Mantenimiento

Set Dtc\_Frecuencia1.RowSource = RsTablaFrecuencia

Dtc\_Frecuencia1.BindColumn = "NomFrecuencia1"

Dtc\_Frecuencia1.ListField = "NomFrecuencia1"

'Agregar Voltaje al Data Combo Frecuencia de Mantenimiento

Set Dtc\_Cargabilidad1.RowSource = RsTablaCargabilidad

Dtc\_Cargabilidad1.BindColumn = "NomCargabilidad"

Dtc\_Cargabilidad1.ListField = "NomCargabilidad"

'Agregar Voltaje al Data Combo Vida Util

Set Dtc\_VidaUtil1.RowSource = RsTablaVidaUtil

Dtc\_VidaUtil1.BindColumn = "NomVidaUtil1"

Dtc\_VidaUtil1.ListField = "NomVidaUtil1"

'Agregar Voltaje al Data Combo Ubicacion

Set Dtc\_Ubicacion1.RowSource = RsTablaUbicacion

Dtc\_Ubicacion1.BindColumn = "NomUbicacion1"

Dtc\_Ubicacion1.ListField = "NomUbicacion1"

'Agregar Voltaje al Data Combo Acceso

Set Dtc\_Acceso1.RowSource = RsTablaAcceso



Dtc\_Acceso1.ListField = "NomAcceso1"

"" Cargar ComboBox Datos 2

'Agregar Voltaje al Data Combo Voltaje

Set Dtc\_Voltaje2.RowSource = RsTablaVoltaje2

Dtc\_Voltaje2.BoundColumn = "NomVoltaje2"

Dtc\_Voltaje2.ListField = "NomVoltaje2"

'Agregar Voltaje al Data Combo Tipo Circuito

Set Dtc\_TipoCkto2.RowSource = RsTablaTipoCkto2

Dtc\_TipoCkto2.BoundColumn = "NomTipoCkto2"

Dtc\_TipoCkto2.ListField = "NomTipoCkto2"

'Agregar Voltaje al Data Combo Frecuencia de Mantenimiento

Set Dtc\_Frecuencia2.RowSource = RsTablaFrecuencia2

Dtc\_Frecuencia2.BoundColumn = "NomFrecuencia2"

Dtc\_Frecuencia2.ListField = "NomFrecuencia2"

'Agregar Voltaje al Data Combo Vida Util

Set Dtc\_VidaUtil2.RowSource = RsTablaVidaUtil2

Dtc\_VidaUtil2.BoundColumn = "NomVidaUtil2"

Dtc\_VidaUtil2.ListField = "NomVidaUtil2"

'Agregar Voltaje al Data Combo Ubicacion

Set Dtc\_Ubicacion2.RowSource = RsTablaUbicacion2

Dtc\_Ubicacion2.BoundColumn = "NomUbicacion2"

Dtc\_Ubicacion2.ListField = "NomUbicacion2"

'Agregar Voltaje al Data Combo Acceso

Set Dtc\_Acceso2.RowSource = RsTablaAcceso2

Dtc\_Acceso2.BoundColumn = "NomAcceso2"

Dtc\_Acceso2.ListField = "NomAcceso2"

LimpiarEntrada

'Definiendo Constantes

```
PorFCosto = 17.73
PorFTipoCkto = 11.82
PorFIndice = 8.86
PorFFrecuencia = 7.09
PorFCargabilidad = 5.91
PorFVidaUtil = 5.06
PorFUbicacion = 4.43
PorFAcceso = 3.94
PorCosto = 1
PorIndice = 1
PorUbicacion = 48
End Sub
Private Sub Dtc_LineaCkto_LostFocus()
If Dtc_LineaCkto.Text = "" Then
MsgBox "El Campo Linea Circuito No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"
'Dtc_LineaCkto.SetFocus
Else
Dim CodLineaCkto
With RsTablaLineaCkto
.Requery
.Find "NomLineaCkto1=" & Trim(Dtc_LineaCkto.Text) & ""
CodLineaCkto = !ValLineaCkto
Select Case CodLineaCkto
Case 1006
SetLinea1006
Case 1011
SetLinea1011
Case 1012
SetLinea1012
Case 1042
SetLinea1042
Case Else
'Nada
End Select
```



```
Btn_Guardar.Enabled = False
End If
End Sub
Private Sub Dtc_LineaCkto_KeyPress(KeyAscii As Integer)
Validar KeyAscii, Dtc_LineaCkto, "Linea Circuito", Dtc_Distancia1: Exit Sub
End Sub
Private Sub Btn_Guardar_Click()
MsgValida

Confirmar = MsgBox("Desea Guardar el Resultado Calculado?", vbYesNo,
"Confirmar")

If Confirmar = vbYes Then
With RsTablaMantLineas 'Iniciamos With
.Requery
.AddNew
!Fecha = Date
!Hora = Time
!LineaCkto = Dtc_LineaCkto.Text
!Distancia = Dtc_Distancia1.Text
!Voltaje = Dtc_Voltaje1.Text
!Costo = Dtc_Costo1.Text
!TipoCkto = Dtc_TipoCkto1.Text
!Indice = Dtc_Indice1.Text
!Frecuencia = Dtc_Frecuencia1.Text
!Cargabilidad = Dtc_Cargabilidad1.Text
!VidaUtil = Dtc_VidaUtil1.Text
!Ubicacion = Dtc_Ubicacion1.Text
!Acceso = Dtc_Acceso1.Text

!ResDistancia1 = Txt_ResDistancia1.Text
!ResVoltaje1 = Txt_ResVoltaje1.Text
!ResCosto1 = Txt_ResCosto1.Text
!ResTipoCkto1 = Txt_ResTipoCkto1.Text
```



```
!ResFrecuencia1 = Txt_ResFrecuencia1.Text
!ResCargabilidad1 = Txt_ResCargabilidad1.Text
!ResVidaUtil1 = Txt_ResVidaUtil1.Text
!ResUbicacion1 = Txt_ResUbicacion1.Text
!ResAcceso1 = Txt_ResAcceso1.Text
!ResVoltaje2 = Txt_ResVoltaje2.Text
!ResTipoCkto2 = Txt_ResTipoCkto2.Text
!ResFrecuencia2 = Txt_ResFrecuencia2.Text
!ResVidaUtil2 = Txt_ResVidaUtil2.Text
!ResUbicacion2 = Txt_ResUbicacion2.Text
!ResAcceso2 = Txt_ResAcceso2.Text
!ResVoltaje3 = Txt_ResVoltaje3.Text
!ResCosto3 = Txt_ResCosto3.Text
!ResTipoCkto3 = Txt_ResTipoCkto3.Text
!ResIndice3 = Txt_ResIndice3.Text
!ResFrecuencia3 = Txt_ResFrecuencia3.Text
!ResCargabilidad3 = Txt_ResCargabilidad3.Text
!ResVidaUtil3 = Txt_ResVidaUtil3.Text
!ResUbicacion3 = Txt_ResUbicacion3.Text
!ResAcceso3 = Txt_ResAcceso3.Text
!ResPorcentaje = Txt_ResPorFinal.Text

.Update          'Refrescamos a la Tabla
.Requery
End With        'Cerramos With

LimpiarEntrada
Dtc_LineaCkto.SetFocus
Else
LimpiarEntrada
'AgregaDatos
Dtc_LineaCkto.SetFocus
End If
End Sub
```

```
Validar KeyAscii, Dtc_Acceso1, "Acceso", Dtc_Voltaje2: Exit Sub  
End Sub
```

```
Private Sub Dtc_Acceso1_LostFocus()  
If Dtc_Acceso1.Text = "" Then  
MsgBox "Este Campo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"  
Dtc_Acceso1.SetFocus  
Else  
Dim CodAcceso1  
With RsTablaAcceso  
.Requery  
.Find "NomAcceso1=" & Trim(Dtc_Acceso1.Text) & ""  
CodAcceso1 = !Id  
Txt_ResAcceso1.Text = Round(CodAcceso1 / 5, 1)  
End With  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Dtc_Acceso2_KeyPress(KeyAscii As Integer)  
Validar KeyAscii, Dtc_Acceso2, "Acceso", Txt_Voltaje3: Exit Sub  
End Sub
```

```
Private Sub Dtc_Acceso2_LostFocus()  
If Dtc_Acceso2.Text = "" Then  
MsgBox "Este Campo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"  
Dtc_Acceso2.SetFocus  
Else  
Dim CodAcceso2  
With RsTablaAcceso  
.Requery  
.Find "NomAcceso2=" & Trim(Dtc_Acceso2.Text) & ""  
CodAcceso2 = !Id  
Txt_ResAcceso2.Text = Round((1 / CodAcceso2) / (1 + 1 / 2 + 1 / 3 + 1 / 4 + 1 / 5)  
* 100, 0)
```



End With

End If

End Sub

Private Sub Txt\_Acceso3\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

Validar KeyAscii, Txt\_Acceso3, "Acceso", Btn\_Guardar

End Sub

Private Sub Txt\_Acceso3\_LostFocus()

LFocus1 Txt\_Acceso3, "Acceso", Txt\_ResAcceso3, Val(Txt\_Acceso3.Text) \*  
PorFAcceso / Val(Txt\_Acceso3.Text)

Txt\_ResPorFinal.Text = Val(Txt\_ResVoltaje3.Text) + Val(Txt\_ResCosto3.Text) +  
Val(Txt\_ResTipoCkto3.Text) + Val(Txt\_ResIndice3.Text) +  
Val(Txt\_ResFrecuencia3.Text) + Val(Txt\_ResCargabilidad3.Text) +  
Val(Txt\_ResVidaUtil3.Text) + Val(Txt\_ResUbicacion3.Text) +  
Val(Txt\_ResAcceso3.Text)

End Sub

Private Sub Txt\_Cargabilidad3\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

Validar KeyAscii, Txt\_Cargabilidad3, "Cargabilidad", Txt\_VidaUtil3: Exit Sub

End Sub

Private Sub Txt\_Cargabilidad3\_LostFocus()

LFocus1 Txt\_Cargabilidad3, "Cargabilidad", Txt\_ResCargabilidad3,  
Val(Txt\_Cargabilidad3.Text) \* PorFCargabilidad / Val(Txt\_Cargabilidad3.Text)

End Sub

Private Sub Txt\_Costo3\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

Validar KeyAscii, Txt\_Costo3, "Costo", Txt\_TipoCkto3: Exit Sub

End Sub

Private Sub Txt\_Costo3\_LostFocus()

LFocus1 Txt\_Costo3, "Costo", Txt\_ResCosto3, Val(Txt\_ResCosto1.Text) \*  
PorFCosto / Val(Txt\_Costo3.Text)

End Sub

```
Validar KeyAscii, Dtc_Frecuencia1, "Frecuencia", Dtc_Cargabilidad1: Exit Sub  
End Sub
```

```
Private Sub Dtc_Frecuencia1_LostFocus()  
If Dtc_Frecuencia1.Text = "" Then  
MsgBox "Este Campo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"  
Dtc_Frecuencia1.SetFocus  
Else  
Dim CodFrecuencia  
With RsTablaFrecuencia  
.Requery  
.Find "NomFrecuencia1=" & Trim(Dtc_Frecuencia1.Text) & ""  
CodFrecuencia = !Id  
Txt_ResFrecuencia1 = Round(CodFrecuencia / 2, 1)  
Txt_ResCargabilidad1 = Dtc_Cargabilidad1  
End With  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Dtc_Frecuencia2_KeyPress(KeyAscii As Integer)  
Validar KeyAscii, Dtc_Frecuencia2, "Frecuencia", Dtc_VidaUtil2: Exit Sub  
End Sub
```

```
Private Sub Dtc_Frecuencia2_LostFocus()  
If Dtc_Frecuencia2.Text = "" Then  
MsgBox "Este Campo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"  
Dtc_Frecuencia2.SetFocus  
Else  
Dim CodFrecuencia2  
With RsTablaFrecuencia  
.Requery  
.Find "NomFrecuencia2=" & Trim(Dtc_Frecuencia2.Text) & ""  
CodFrecuencia2 = !Id  
Txt_ResFrecuencia2 = Round((1 / CodFrecuencia2) / (1 + 1 / 2) * 100, 0)
```





End If

End Sub

Private Sub Txt\_Frecuencia3\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

Validar KeyAscii, Txt\_Frecuencia3, "Frecuencia", Txt\_Cargabilidad3: Exit Sub

End Sub

Private Sub Txt\_Frecuencia3\_LostFocus()

LFocus1 Txt\_Frecuencia3, "Frecuencia", Txt\_ResFrecuencia3,

Val(Txt\_Frecuencia3.Text) \* PorFFrecuencia / Val(Txt\_Frecuencia3.Text)

End Sub

Private Sub Dtc\_TipoCkto1\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

Validar KeyAscii, Dtc\_TipoCkto1, "Tipo Circuito", Dtc\_Indice1: Exit Sub

End Sub

Private Sub Dtc\_TipoCkto1\_LostFocus()

If Dtc\_TipoCkto1.Text = "" Then

MsgBox "Este Campo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"

Dtc\_TipoCkto1.SetFocus

Else

Dim CodTipoCkto

With RsTablaTipoCkto

.Requery

.Find "NomTipoCkto1=" & Trim(Dtc\_TipoCkto1.Text) & ""

CodTipoCkto = !Id

Txt\_ResTipoCkto1 = Round(CodTipoCkto / 5, 4)

End With

End If

End Sub

Private Sub Dtc\_TipoCkto2\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

Validar KeyAscii, Dtc\_TipoCkto2, "Tipo Circuito", Dtc\_Frecuencia2: Exit Sub

```
Private Sub Dtc_TipoCkto2_LostFocus()  
If Dtc_TipoCkto2.Text = "" Then  
MsgBox "Este Campo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"  
Dtc_TipoCkto2.SetFocus  
Else  
Dim CodTipoCkto2  
With RsTablaTipoCkto  
.Requery  
.Find "NomTipoCkto2=" & Trim(Dtc_TipoCkto2.Text) & ""  
CodTipoCkto2 = !Id  
Txt_ResTipoCkto2 = Round((1 / CodTipoCkto2) / (1 + 1 / 2 + 1 / 3 + 1 / 4 + 1 / 5) *  
100, 0)  
End With  
End If  
End Sub  
  
Private Sub Txt_Indice3_KeyPress(KeyAscii As Integer)  
Validar KeyAscii, Txt_Indice3, "Indice", Txt_Frecuencia3: Exit Sub  
End Sub  
  
Private Sub Txt_Indice3_LostFocus()  
LFocus1 Txt_Indice3, "Indice", Txt_ResIndice3, Val(Txt_ResIndice1.Text) *  
PorFIndice / Val(Txt_Indice3.Text)  
End Sub  
  
Private Sub Txt_TipoCkto3_KeyPress(KeyAscii As Integer)  
Validar KeyAscii, Txt_TipoCkto3, "Tipo Circuito", Txt_Indice3: Exit Sub  
End Sub  
  
Private Sub Txt_TipoCkto3_LostFocus()  
LFocus1 Txt_TipoCkto3, "Tipo Circuito", Txt_ResTipoCkto3,  
Val(Txt_TipoCkto3.Text) * PorFTipoCkto / Val(Txt_TipoCkto3.Text)  
End Sub
```



```
Validar KeyAscii, Dtc_Ubicacion1, "Ubicacion", Dtc_Acceso1: Exit Sub  
End Sub
```

```
Private Sub Dtc_Ubicacion1_LostFocus()
```

```
If Dtc_Ubicacion1.Text = "" Then
```

```
MsgBox "Este Campo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"
```

```
Dtc_Ubicacion1.SetFocus
```

```
Else
```

```
Dim CodUbicacion
```

```
With RsTablaUbicacion
```

```
.Requery
```

```
.Find "NomUbicacion1=" & Trim(Dtc_Ubicacion1.Text) & ""
```

```
CodUbicacion = !Id
```

```
Txt_ResUbicacion1.Text = Round(CodUbicacion / 4, 2)
```

```
End With
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Dtc_Ubicacion2_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
Validar KeyAscii, Dtc_Ubicacion2, "Ubicacion", Dtc_Acceso2: Exit Sub
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Dtc_Ubicacion2_LostFocus()
```

```
If Dtc_Ubicacion2.Text = "" Then
```

```
MsgBox "Este Campo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"
```

```
Dtc_Ubicacion2.SetFocus
```

```
Else
```

```
Dim CodUbicacion2
```

```
With RsTablaUbicacion
```

```
.Requery
```

```
.Find "NomUbicacion2=" & Trim(Dtc_Ubicacion2.Text) & ""
```

```
CodUbicacion2 = !Id
```

```
Txt_ResUbicacion2.Text = Round((1 / CodUbicacion2) / (1 + 1 / 2 + 1 / 3 + 1 / 4) *  
100, 0)
```

```
End With
```

```
End If
```



```
Private Sub Txt_Ubicacion3_KeyPress(KeyAscii As Integer)
Validar KeyAscii, Txt_Ubicacion3, "Ubicacion", Txt_Acceso3
End Sub

Private Sub Txt_Ubicacion3_LostFocus()
LFocus1      Txt_Ubicacion3,      "Ubicacion",      Txt_ResUbicacion3,
Val(Txt_ResUbicacion2.Text) * PorFUbicacion / Val(Txt_Ubicacion3.Text)
End Sub

Private Sub Dtc_VidaUtil1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
Validar KeyAscii, Dtc_VidaUtil1, "Vida Util", Dtc_Ubicacion1: Exit Sub
End Sub

Private Sub Dtc_VidaUtil1_LostFocus()
If Dtc_VidaUtil1.Text = "" Then
MsgBox "Este Campo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"
Dtc_VidaUtil1.SetFocus
Else
Dim CodVidaUtil
With RsTablaVidaUtil
.Requery
.Find "NomVidaUtil1=" & Trim(Dtc_VidaUtil1.Text) & ""
CodVidaUtil = !Id
Txt_ResVidaUtil1.Text = Round(CodVidaUtil / 5, 1)
End With

End If
End Sub

Private Sub Dtc_VidaUtil2_KeyPress(KeyAscii As Integer)
Validar KeyAscii, Dtc_VidaUtil2, "Vida Util", Dtc_Ubicacion2: Exit Sub
End Sub

Private Sub Dtc_VidaUtil2_LostFocus()
If Dtc_VidaUtil2.Text = "" Then
MsgBox "Este Campo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"
Dtc_VidaUtil2.SetFocus
Else
Dim CodVidaUtil2
```



```
.Requery
.Find "NomVidaUtil2=" & Trim(Dtc_VidaUtil2.Text) & ""
CodVidaUtil2 = !Id
Txt_ResVidaUtil2.Text = Round((1 / CodVidaUtil2) / (1 + 1 / 2 + 1 / 3 + 1 / 4 + 1 /
5) * 100, 0)
End With
End If
End Sub
Private Sub Txt_VidaUtil3_KeyPress(KeyAscii As Integer)
Validar KeyAscii, Txt_VidaUtil3, "Vida Util", Txt_Ubicacion3
End Sub
Private Sub Txt_VidaUtil3_LostFocus()
LFocus1 Txt_VidaUtil3, "Vida Util", Txt_ResVidaUtil3, Val(Txt_VidaUtil3.Text) *
PorFVidaUtil / Val(Txt_VidaUtil3.Text)
End Sub
Private Sub Dtc_Voltaje1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
Validar KeyAscii, Dtc_Voltaje1, "Voltaje", Dtc_Costo1: Exit Sub
End Sub
Private Sub Dtc_Voltaje1_LostFocus()
If Dtc_Voltaje1.Text = "" Then
MsgBox "Este Campo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"
'Dtc_Voltaje1.SetFocus
Else
Dim CodVoltaje
With RsTablaVoltaje
.Requery
.Find "NomVoltaje1=" & Trim(Dtc_Voltaje1.Text) & ""
CodVoltaje = !ValVoltaje
Txt_ResVoltaje1.Text = Round(CodVoltaje / 220, 4)
End With
End If
End Sub
Private Sub Dtc_Voltaje2_KeyPress(KeyAscii As Integer)
Validar KeyAscii, Dtc_Voltaje2, "Voltaje", Dtc_TipoCkto2: Exit Sub
```





```
Private Sub Dtc_Voltaje2_LostFocus()  
If Dtc_Voltaje2.Text = "" Then  
MsgBox "El Campo Voltaje No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"  
Dtc_Voltaje2.SetFocus  
Else  
Dim CodVoltaje2  
With RsTablaVoltaje2  
.Requery  
.Find "NomVoltaje2=" & Trim(Dtc_Voltaje2.Text) & ""  
CodVoltaje2 = !Id  
Txt_ResVoltaje2.Text = Round((1 / CodVoltaje2) / (1 + 1 / 2 + 1 / 3 + 1 / 4) * 100,  
0)  
End With  
End If  
End Sub  
Private Sub Txt_Voltaje3_KeyPress(KeyAscii As Integer)  
Validar KeyAscii, Txt_Voltaje3, "Voltaje", Txt_Costo3: Exit Sub  
End Sub  
Private Sub Txt_Voltaje3_LostFocus()  
LFocus1 Txt_Voltaje3, "Voltaje", Txt_ResVoltaje3, Val(Txt_Voltaje3.Text) *  
PorFVoltaje / Val(Txt_Voltaje3.Text)  
End Sub  
Private Sub Dtc_Cargabilidad1_KeyPress(KeyAscii As Integer)  
Validar KeyAscii, Dtc_Cargabilidad1, "Cargabilidad", Dtc_VidaUtil1: Exit Sub  
End Sub  
Private Sub Dtc_Cargabilidad1_LostFocus()  
If Dtc_Cargabilidad1.Text = "" Then  
MsgBox "Cargabilidad No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"  
Dtc_Cargabilidad1.SetFocus  
Else  
Dim CodCargabilidad  
With RsTablaCargabilidad  
.Requery  
.Find "NomCargabilidad=" & Trim(Dtc_Cargabilidad1.Text) & ""
```

```
Txt_ResCargabilidad1.Text = Round(CodCargabilidad / 0.9, 2)
End With
End If
End Sub

Private Sub Dtc_Costo1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
Validar KeyAscii, Dtc_Costo1, "Costo", Dtc_TipoCkto1: Exit Sub
End Sub

Private Sub Dtc_Costo1_LostFocus()
If Dtc_Costo1.Text = "" Then
MsgBox "El Campo Costo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"
'Dtc_Costo1.SetText
Else
Dim CodCosto
With RsTablaCosto
.Requery
.Find "NomCosto=" & Trim(Dtc_Costo1.Text) & ""
CodCosto = !ValCosto
Txt_ResCosto1.Text = Round(CodCosto / 150750, 4)
End With
End If
End Sub

Private Sub Dtc_Distancia1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
Validar KeyAscii, Dtc_Distancia1, "Distancia", Dtc_Voltaje1: Exit Sub
End Sub

Private Sub Dtc_Distancia1_LostFocus()
If Dtc_Distancia1.Text = "" Then
MsgBox "El Campo Distancia No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"
'Dtc_Distancia1.SetFocus
Else
Txt_ResDistancia1.Text = Round(Val(Dtc_Distancia1.Text), 1)
End If
End Sub

Private Sub Dtc_Indice1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
Validar KeyAscii, Dtc_Indice1, "Indice", Dtc_Frecuencia1: Exit Sub
```

```
Private Sub Dtc_Indice1_LostFocus()  
If Dtc_Indice1.Text = "" Then  
MsgBox "Este Campo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"  
Dtc_Indice1.SetFocus  
Else  
Dim CodIndice  
With RsTablaIndice  
.Requery  
.Find "NomIndice=" & Trim(Dtc_Indice1.Text) & ""  
CodIndice = !ValIndice  
Txt_ResIndice1.Text = Round(CodIndice / 4.99, 4)  
End With  
End If  
End Sub  
Private Sub LimpiarEntrada()  
  
Dtc_LineaCkto.Text = ""  
  
Dtc_Distancia1.Text = ""  
Dtc_Voltaje1.Text = ""  
Dtc_Costo1.Text = ""  
Dtc_TipoCkto1.Text = ""  
Dtc_Indice1.Text = ""  
Dtc_Frecuencia1.Text = ""  
Dtc_Cargabilidad1.Text = ""  
Dtc_VidaUtil1.Text = ""  
Dtc_Ubicacion1.Text = ""  
Dtc_Acceso1.Text = ""  
  
Dtc_Voltaje2.Text = ""  
Dtc_TipoCkto2.Text = ""  
Dtc_Frecuencia2.Text = ""  
Dtc_VidaUtil2.Text = ""  
Dtc_Ubicacion2.Text = ""
```

Txt\_Voltaje3.Text = ""

Txt\_Costo3.Text = ""

Txt\_TipoCkto3.Text = ""

Txt\_Indice3.Text = ""

Txt\_Frecuencia3.Text = ""

Txt\_Cargabilidad3.Text = ""

Txt\_VidaUtil3.Text = ""

Txt\_Ubicacion3.Text = ""

Txt\_Acceso3.Text = ""

Txt\_ResDistancia1.Text = ""

Txt\_ResVoltaje1.Text = ""

Txt\_ResCosto1.Text = ""

Txt\_ResTipoCkto1.Text = ""

Txt\_ResIndice1.Text = ""

Txt\_ResFrecuencia1.Text = ""

Txt\_ResCargabilidad1.Text = ""

Txt\_ResVidaUtil1.Text = ""

Txt\_ResUbicacion1.Text = ""

Txt\_ResAcceso1.Text = ""

Txt\_ResVoltaje2.Text = ""

Txt\_ResTipoCkto2.Text = ""

Txt\_ResFrecuencia2.Text = ""

Txt\_ResVidaUtil2.Text = ""

Txt\_ResUbicacion2.Text = ""

Txt\_ResAcceso2.Text = ""

Txt\_ResVoltaje3.Text = ""

Txt\_ResCosto3.Text = ""

Txt\_ResTipoCkto3.Text = ""

Txt\_ResIndice3.Text = ""

Txt\_ResFrecuencia3.Text = ""

Txt\_ResCargabilidad3.Text = ""

Txt\_ResUbicacion3.Text = ""

Txt\_ResAcceso3.Text = ""

Txt\_ResPorFinal.Text = ""

Pctr\_Torre.Visible = False

Btn\_Guardar.Enabled = False

End Sub

Private Sub MsgValida()

'Mensajes de Validacion 1

If Dtc\_LineaCkto.Text = "" Then MsgBox "El Campo Linea Circuito No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc\_LineaCkto.SetFocus: Exit Sub

If Dtc\_Distancia1.Text = "" Then MsgBox "El Campo Distancia No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc\_Distancia1.SetFocus: Exit Sub

If Dtc\_Voltaje1.Text = "" Then MsgBox "El Campo Voltaje No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc\_Voltaje1.SetFocus: Exit Sub

If Dtc\_Costo1.Text = "" Then MsgBox "El Campo Costo No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc\_Costo1.SetFocus: Exit Sub

If Dtc\_TipoCkto1.Text = "" Then MsgBox "El Campo Tipo Circuito No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc\_TipoCkto1.SetFocus: Exit Sub

If Dtc\_Indice1.Text = "" Then MsgBox "El Campo Indice No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc\_Indice1.SetFocus: Exit Sub

If Dtc\_Frecuencia1.Text = "" Then MsgBox "El Frecuencia Circuito No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc\_Frecuencia1.SetFocus: Exit Sub

If Dtc\_Cargabilidad1.Text = "" Then MsgBox "El Cargabilidad Circuito No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc\_Cargabilidad1.SetFocus: Exit Sub

If Dtc\_VidaUtil1.Text = "" Then MsgBox "El Campo Vida Util No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc\_VidaUtil1.SetFocus: Exit Sub

If Dtc\_Ubicacion1.Text = "" Then MsgBox "El Campo Ubicacion No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc\_Ubicacion1.SetFocus: Exit Sub

If Dtc\_Acceso1.Text = "" Then MsgBox "El Campo Acceso No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc\_Acceso1.SetFocus: Exit Sub

'Mensajes de Validacion 2



```
vbInformation, "Aviso": Dtc_Voltaje2.SetFocus: Exit Sub
If Dtc_TipoCkto2.Text = "" Then MsgBox "El Campo Tipo Circuito No Puede Estar
Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc_TipoCkto2.SetFocus: Exit Sub
If Dtc_Frecuencia2.Text = "" Then MsgBox "El Frecuencia Circuito No Puede
Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc_Frecuencia2.SetFocus: Exit Sub
If Dtc_VidaUtil2.Text = "" Then MsgBox "El Campo Vida Util No Puede Estar
Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc_VidaUtil2.SetFocus: Exit Sub
If Dtc_Ubicacion2.Text = "" Then MsgBox "El Campo Ubicacion No Puede Estar
Vacio", vbInformation, "Aviso": Dtc_Ubicacion2.SetFocus: Exit Sub
If Dtc_Acceso2.Text = "" Then MsgBox "El Campo Acceso No Puede Estar Vacio",
vbInformation, "Aviso": Dtc_Acceso2.SetFocus: Exit Sub
End Sub
Private Sub SetLinea1006()

Dtc_Distancia1.Text = "82.6 KM"
Dtc_Voltaje1.Text = "138 KV"
Dtc_Costo1.Text = "83750 Soles"
Dtc_TipoCkto1.Text = "Sistema Anillo Sin Respaldo"
Dtc_Indice1.Text = "Indice 4.99"
Dtc_Frecuencia1.Text = "Realizado cada 2 Años"
Dtc_Cargabilidad1.Text = "Cargabilidad 0.9"
Dtc_VidaUtil1.Text = "20 - 30 Años"
Dtc_Ubicacion1.Text = "Tintaya - Ayaviri"
Dtc_Acceso1.Text = "Con Acceso Libre, Sin Dificultad"
Dtc_Voltaje2.Text = "138 KV"
Dtc_TipoCkto2.Text = "Sistema Anillo Sin Respaldo"
Dtc_Frecuencia2.Text = "Realizado cada 2 Años"
Dtc_VidaUtil2.Text = "Entre 20 - 30 Años"
Dtc_Ubicacion2.Text = "Ayaviri - Azangaro"
Dtc_Acceso2.Text = "Con Acceso Libre, Sin Dificultad"

CargaImg ".\Linea1006.jpg"

End Sub
```

Dtc\_Distancia1.Text = "78 KM"  
Dtc\_Voltaje1.Text = "138 KV"  
Dtc\_Costo1.Text = "150750 Soles"  
Dtc\_TipoCkto1.Text = "Sistema Anillo Sin Respaldo"  
Dtc\_Indice1.Text = "Indice 0.99"  
Dtc\_Frecuencia1.Text = "Realizado cada 2 Años"  
Dtc\_Cargabilidad1.Text = "Cargabilidad 0.9"  
Dtc\_VidaUtil1.Text = "20 - 30 Años"  
Dtc\_Ubicacion1.Text = "Azangaro - Juliaca"  
Dtc\_Acceso1.Text = "Con Acceso Libre, Sin Dificultad"

Dtc\_Voltaje2.Text = "138 KV"  
Dtc\_TipoCkto2.Text = "Sistema Anillo Sin Respaldo"  
Dtc\_Frecuencia2.Text = "Realizado cada 2 Años"  
Dtc\_VidaUtil2.Text = "Entre 20 - 30 Años"  
Dtc\_Ubicacion2.Text = "Juliaca - Puno"  
Dtc\_Acceso2.Text = "Con Acceso Libre, Sin Dificultad"

Cargalmg ".\Linea1011.jpg"

End Sub

Private Sub SetLinea1012()

Dtc\_Distancia1.Text = "37 KM"  
Dtc\_Voltaje1.Text = "138 KV"  
Dtc\_Costo1.Text = "134000 Soles"  
Dtc\_TipoCkto1.Text = "Sistema Anillo Sin Respaldo"  
Dtc\_Indice1.Text = "Indice 0.99"  
Dtc\_Frecuencia1.Text = "Realizado cada 2 Años"  
Dtc\_Cargabilidad1.Text = "Cargabilidad 0.9"  
Dtc\_VidaUtil1.Text = "20 - 30 Años"  
Dtc\_Ubicacion1.Text = "Juliaca - Puno"  
Dtc\_Acceso1.Text = "Con Acceso Libre, Sin Dificultad"  
Dtc\_Voltaje2.Text = "138 KV"

Dtc\_Frecuencia2.Text = "Realizado cada 2 Años"  
Dtc\_VidaUtil2.Text = "Entre 20 - 30 Años"  
Dtc\_Ubicacion2.Text = "Azangaro - Juliaca"  
Dtc\_Acceso2.Text = "Con Acceso Libre, Sin Dificultad"  
CargaImg ".\Linea1012.jpg"

End Sub

Private Sub SetLinea1042()

Dtc\_Distancia1.Text = "43.5 KM"  
Dtc\_Voltaje1.Text = "138 KV"  
Dtc\_Costo1.Text = "33500 Soles"  
Dtc\_TipoCkto1.Text = "Sistema Anillo Sin Respaldo"  
Dtc\_Indice1.Text = "Indice 4"  
Dtc\_Frecuencia1.Text = "Realizado cada 2 Años"  
Dtc\_Cargabilidad1.Text = "Cargabilidad 0.9"  
Dtc\_VidaUtil1.Text = "20 - 30 Años"  
Dtc\_Ubicacion1.Text = "Ayaviri - Azangaro"  
Dtc\_Acceso1.Text = "Con Acceso Libre, Sin Dificultad"

Dtc\_Voltaje2.Text = "138 KV"  
Dtc\_TipoCkto2.Text = "Sistema Anillo Sin Respaldo"  
Dtc\_Frecuencia2.Text = "Realizado cada 2 Años"  
Dtc\_VidaUtil2.Text = "Entre 20 - 30 Años"  
Dtc\_Ubicacion2.Text = "Tintaya - Ayaviri"  
Dtc\_Acceso2.Text = "Con Acceso Libre, Sin Dificultad"

CargaImg ".\Linea1042.jpg"

End Sub

Private Sub SetVal3()

Txt\_Voltaje3.Text = Txt\_ResVoltaje2.Text  
Txt\_Costo3.Text = PorCosto  
Txt\_TipoCkto3.Text = Txt\_ResTipoCkto2.Text

Txt\_Frecuencia3.Text = Txt\_ResFrecuencia2.Text

Txt\_Cargabilidad3.Text = Txt\_ResCargabilidad1.Text

Txt\_VidaUtil3.Text = Txt\_ResVidaUtil2.Text

Txt\_Ubicacion3.Text = PorUbicacion

Txt\_Acceso3.Text = Txt\_ResAcceso2.Text

Btn\_Guardar.Enabled = True

End Sub

Private Sub CargaImg(Ruta As String)

Pctr\_Torre.Picture = LoadPicture(App.Path & Ruta)

Pctr\_Torre.ScaleMode = 3

Pctr\_Torre.AutoRedraw = True

Pctr\_Torre.PaintPicture Pctr\_Torre.Picture, \_

0, 0, Pctr\_Torre.ScaleWidth, Pctr\_Torre.ScaleHeight, \_

0, 0, \_

Pctr\_Torre.Picture.Width / 26.46, \_

Pctr\_Torre.Picture.Height / 26.46

Pctr\_Torre.Picture = Pctr\_Torre.Image

Pctr\_Torre.Visible = True

End Sub

Sub Validar(KeyAscii As Integer, CtrlAct As Object, MsgCtrlAct As String, CtrlSig  
As Object)

Select Case KeyAscii

Case 45 To 46 'Teclas Comay Punto

Case 48 To 57 'Teclas de Numeros

Case 8 'Tecla Retroceso

Case 13 'Tecla Enter

If CtrlAct.Text = "" Then

MsgBox "El Campo " & MsgCtrlAct & " No Puede Estar Vacio", vbInformation,  
"Aviso"

CtrlAct.SetFocus

CtrlSig.SetFocus

End If

Case Else

KeyAscii = 0

Beep

End Select

End Sub

Sub LFocus1(CtrlAct As Object, MsgCtrlAct As String, CtrlRes As Object,  
Operacion As Variant)

If CtrlAct.Text = "" Then

MsgBox "El Campo " & MsgCtrlAct & " No Puede Estar Vacio", vbInformation,  
"Aviso"

'CtrlAct.SetFocus

Else

CtrlRes.Text = Round(Operacion, 4)

End If

End Sub

Formulario Editar:

Private Sub Btn\_Cancelar\_Click()

HabilitaBotones True, False

HabilitarTxt True

LimpiarTxt

End Sub

Private Sub Btn\_Guardar\_Click()

MsgValida

If Modi = False Then

With RsTablaLineaCkto

.Requery



```
!NomLineaCkto1 = Txt_LineaCktoN.Text
!ValLineaCkto = Txt_LineaCktoV.Text
.Update
.Requery
End With
With RsTablaDistancia
.Requery
.AddNew
!NomDistancia = Txt_DistanciaN.Text
!ValDistancia = Txt_DistanciaV.Text
.Update
.Requery
End With
With RsTablaVoltaje
.Requery
.AddNew
!NomVoltaje1 = Txt_VoltajeN.Text
!ValVoltaje = Txt_VoltajeV.Text
!NomVoltaje2 = Txt_VoltajeN.Text
.Update
.Requery
End With
With RsTablaCosto
.Requery
.AddNew
!NomCosto = Txt_CostoN.Text
!ValCosto = Txt_CostoV.Text
.Update
.Requery
End With
With RsTablaIndice
.Requery
.AddNew
!NomIndice = Txt_IndiceN.Text
```

```
.Update
.Requery
End With
With RsTablaCargabilidad
.Requery
.AddNew
!NomCargabilidad = Txt_CargabilidadN.Text
!ValCargabilidad = Txt_CargabilidadV.Text
.Update
.Requery
End With
With RsTablaUbicacion
.Requery
.AddNew
!NomUbicacion1 = Txt_UbicacionN.Text
!NomUbicacion2 = Txt_UbicacionN.Text
!CodUbicacion1 = Txt_UbicacionV.Text
.Update
.Requery
End With

' Else
' With RsTablaLineaCkto
' .Requery
' .Find "CodLineaCkto=" & Trim(Dtg_Agregar.Columns(0).Text) & ""
' !NomLineaCkto1 = Txt_LineaCktoN.Text
' !ValLineaCkto1 = Txt_LineaCktoV.Text
' .UpdateBatch
' .Requery
' End With
End If
HabilitarTxt True
HabilitaBotones True, False
End Sub
```



HabilitarTxt False

Modi = True

HabilitaBotones False, True

End Sub

Private Sub Btn\_Nuevo\_Click()

HabilitarTxt False

LimpiarTxt

Modi = False

HabilitaBotones False, True

End Sub

Private Sub Form\_Load()

Move (Screen.Width - Width) / 2, (Screen.Height - Height) / 2

AbreTablaLineaCkto

AbreTablaDistancia

AbreTablaVoltaje

AbreTablaCosto

AbreTablaTipoCkto

AbreTablaIndice

AbreTablaFrecuencia

AbreTablaCargabilidad

AbreTablaVidaUtil

AbreTablaUbicacion

AbreTablaAcceso

AbreTablaVoltaje2

AbreTablaTipoCkto2

AbreTablaFrecuencia2

AbreTablaVidaUtil2

AbreTablaUbicacion2

AbreTablaAcceso2

HabilitarTxt True



End Sub

Private Sub HabilitarTxt(Estado As Boolean)

Txt\_LineaCktoN.Locked = Estado

Txt\_LineaCktoV.Locked = Estado

Txt\_DistanciaN.Locked = Estado

Txt\_DistanciaV.Locked = Estado

Txt\_VoltajeN.Locked = Estado

Txt\_VoltajeV.Locked = Estado

Txt\_CostoN.Locked = Estado

Txt\_CostoV.Locked = Estado

Txt\_IndiceN.Locked = Estado

Txt\_IndiceV.Locked = Estado

Txt\_CargabilidadN.Locked = Estado

Txt\_CargabilidadV.Locked = Estado

Txt\_UbicacionN.Locked = Estado

Txt\_UbicacionV.Locked = Estado

End Sub

Sub LimpiarTxt()

Txt\_LineaCktoN.Text = ""

Txt\_LineaCktoV.Text = ""

Txt\_DistanciaN.Text = ""

Txt\_DistanciaV.Text = ""

Txt\_VoltajeN.Text = ""

Txt\_CostoN.Text = ""

Txt\_CostoV.Text = ""

Txt\_IndiceN.Text = ""

Txt\_IndiceV.Text = ""

Txt\_CargabilidadN.Text = ""

Txt\_CargabilidadV.Text = ""

Txt\_UbicacionN.Text = ""

Txt\_UbicacionV.Text = ""

Txt\_LineaCktoN.SetFocus

End Sub

Public Sub HabilitaBotones(Estado1 As Boolean, Estado2 As Boolean)

Btn\_Nuevo.Enabled = Estado1

Btn\_Guardar.Enabled = Estado2

Btn\_Modificar.Enabled = Estado1

Btn\_Cancelar.Enabled = Estado2

Btn\_Eliminar.Enabled = Estado1

Btn\_Buscar.Enabled = Estado1

End Sub

Private Sub MsgValida()

'Mensajes de Validacion 1

If Txt\_LineaCktoN.Text = "" Then MsgBox "El Campo Nombre Linea Circuito No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Txt\_LineaCktoN.SetFocus: Exit Sub

If Txt\_DistanciaN.Text = "" Then MsgBox "El Campo Nombre Distancia No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Txt\_DistanciaN.SetFocus: Exit Sub

If Txt\_VoltajeN.Text = "" Then MsgBox "El Campo Nombre Voltaje No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Txt\_VoltajeN.SetFocus: Exit Sub



```
Vacio", vbInformation, "Aviso": Txt_CostoN.SetFocus: Exit Sub
If Txt_IndiceN.Text = "" Then MsgBox "El Campo Nombre Indice No Puede Estar
Vacio", vbInformation, "Aviso": Txt_IndiceN.SetFocus: Exit Sub
If Txt_CargabilidadN.Text = "" Then MsgBox "El Campo Nombre Cargabilidad
Circuito No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso":
Txt_CargabilidadN.SetFocus: Exit Sub
If Txt_UbicacionN.Text = "" Then MsgBox "El Campo Nombre Ubicacion No
Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Txt_UbicacionN.SetFocus: Exit Sub
```

'Mensajes de Validacion 2

```
If Txt_LineaCktoV.Text = "" Then MsgBox "El Campo Valor Linea Circuito No
Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Txt_LineaCktoV.SetFocus: Exit Sub
If Txt_DistanciaV.Text = "" Then MsgBox "El Campo Valor Distancia No Puede
Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Txt_DistanciaV.SetFocus: Exit Sub
If Txt_VoltajeV.Text = "" Then MsgBox "El Campo Valor Voltaje No Puede Estar
Vacio", vbInformation, "Aviso": Txt_VoltajeV.SetFocus: Exit Sub
If Txt_CostoV.Text = "" Then MsgBox "El Campo Valor Costo No Puede Estar
Vacio", vbInformation, "Aviso": Txt_CostoV.SetFocus: Exit Sub
If Txt_IndiceV.Text = "" Then MsgBox "El Campo Valor Indice No Puede Estar
Vacio", vbInformation, "Aviso": Txt_IndiceV.SetFocus: Exit Sub
If Txt_CargabilidadV.Text = "" Then MsgBox "El Campo Valor Cargabilidad
Circuito No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso":
Txt_CargabilidadV.SetFocus: Exit Sub
If Txt_UbicacionV.Text = "" Then MsgBox "El Campo Valor Ubicacion No Puede
Estar Vacio", vbInformation, "Aviso": Txt_UbicacionV.SetFocus: Exit Sub
```

End Sub

```
Sub Update(RecordSet As Object, NomEnDB1 As Object, NomEnForm1 As
Object, NomEnDB2 As Object, NomEnForm2 As Object)
With RecordSet
.Requery
.AddNew
```



!NomEnDB2 = NomEnForm2.Text

.Update

.Requery

End With

End Sub

Private Sub Txt\_CargabilidadN\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

ValVacio KeyAscii, Txt\_CargabilidadN, "Cargabilidad", Txt\_CargabilidadV: Exit

Sub

End Sub

Private Sub Txt\_CargabilidadV\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

ValNumeros KeyAscii, Txt\_CargabilidadV, "Cargabilidad", Txt\_UbicacionN: Exit

Sub

End Sub

Private Sub Txt\_CostoN\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

ValVacio KeyAscii, Txt\_CostoN, "Costo", Txt\_CostoV: Exit Sub

End Sub

Private Sub Txt\_CostoV\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

ValNumeros KeyAscii, Txt\_CostoV, "Costo", Txt\_IndiceN: Exit Sub

End Sub

Private Sub Txt\_DistanciaN\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

ValVacio KeyAscii, Txt\_DistanciaN, "Distancia", Txt\_DistanciaV: Exit Sub

End Sub

Private Sub Txt\_DistanciaV\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

ValNumeros KeyAscii, Txt\_DistanciaV, "Distancia", Txt\_VoltajeN: Exit Sub

End Sub

Private Sub Txt\_IndiceN\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

End Sub

Private Sub Txt\_IndiceV\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

ValNumeros KeyAscii, Txt\_IndiceV, "Indice", Txt\_CargabilidadN: Exit Sub

End Sub

Private Sub Txt\_LineaCktoN\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

ValVacio KeyAscii, Txt\_LineaCktoN, "Linea", Txt\_LineaCktoV: Exit Sub

End Sub

Sub ValLetras(KeyAscii As Integer, CtrlAct As Object, MsgCtrlAct As String, CtrlSig As Object)

Select Case KeyAscii

Case 65 To 90 'Mayusculas

Case 97 To 122 'Minusculas

Case 32 'Espaciadora

Case 8 'Tecla Retroceso

Case 13 'Tecla Enter

If CtrlAct.Text = "" Then

MsgBox "El Campo " & MsgCtrlAct & " No Puede Estar Vacio", vbInformation, "Aviso"

CtrlAct.SetFocus

Else

CtrlSig.SetFocus

End If

Case Else

KeyAscii = 0

Beep

End Select

End Sub

Sub ValNumeros(KeyAscii As Integer, CtrlAct As Object, MsgCtrlAct As String, CtrlSig As Object)

Select Case KeyAscii

Case 48 To 57 'Teclas de Numeros

Case 8 'Tecla Retroceso

Case 13 'Tecla Enter

If CtrlAct.Text = "" Then

MsgBox "El Campo " & MsgCtrlAct & " No Puede Estar Vacio", vbInformation,  
"Aviso"

CtrlAct.SetFocus

Else

CtrlSig.SetFocus

End If

Case Else

KeyAscii = 0

Beep

End Select

End Sub

Sub ValVacio(KeyAscii As Integer, CtrlAct As Object, MsgCtrlAct As String, CtrlSig  
As Object)

Select Case KeyAscii

Case 13 'Tecla Enter

If CtrlAct.Text = "" Then

MsgBox "El Campo " & MsgCtrlAct & " No Puede Estar Vacio", vbInformation,  
"Aviso"

CtrlAct.SetFocus

Else

CtrlSig.SetFocus

End If

End Select

End Sub

Private Sub Txt\_LineaCktoV\_KeyPress(KeyAscii As Integer)

ValNumeros KeyAscii, Txt\_LineaCktoV, "Linea", Txt\_DistanciaN: Exit Sub

End Sub

```
ValVacio KeyAscii, Txt_UbicacionN, "Ubicacion", Txt_UbicacionV: Exit Sub  
End Sub
```

```
Private Sub Txt_UbicacionV_KeyPress(KeyAscii As Integer)  
ValNumeros KeyAscii, Txt_UbicacionV, "Ubicacion", Btn_Guardar: Exit Sub  
End Sub
```

```
Private Sub Txt_VoltajeN_KeyPress(KeyAscii As Integer)  
ValVacio KeyAscii, Txt_VoltajeN, "Voltaje", Txt_VoltajeV: Exit Sub  
End Sub  
Private Sub Txt_VoltajeV_KeyPress(KeyAscii As Integer)  
ValNumeros KeyAscii, Txt_VoltajeV, "Voltaje", Txt_CostoN: Exit Sub  
End Sub
```

Formulario Ver:

```
Dim Obj_Excel As Object  
Dim Obj_Libro As Object  
Dim Obj_Hoja As Object  
Private Sub Btn_Exportar_Click()  
'Llamamos a la Funcion ExportarDTG  
Call ExportarDTG(Dtg_ResValUnidad, Dtg_ResValUnidad.ApproxCount)  
End Sub  
Private Sub ExportarDTG(DataGrid As DataGrid, TotalFilas As Long)  
On Error GoTo MsgError  
Me.MousePointer = vbHourglass
```

```
If TotalFilas = 0 Then
```

```
MsgBox "No Existen Registros para Exportar a Excel"  
Exit Sub
```

```
Else  
Set Obj_Excel = CreateObject("Excel.Application")  
Set Obj_Libro = Obj_Excel.Workbooks.Open(App.Path & "\TablaExportada.xls")
```



Columna = 0

For x = 0 To Dtg\_ResValUnidad.Columns.Count - 1

If Dtg\_ResValUnidad.Columns(x).Visible Then

Columna = Columna + 1

Obj\_Hoja.cells(1, Columna) = Dtg\_ResValUnidad.Columns(x).Caption

For y = 0 To TotalFilas - 1

Obj\_Hoja.cells(y + 2, Columna) =  
Dtg\_ResValUnidad.Columns(x).CellValue(Dtg\_ResValUnidad.GetBookmark(y))

Next

End If

Next

Obj\_Excel.Visible = True

With Obj\_Hoja

.Rows(1).Font.Bold = True

.Rows(1).Font.Color = vbBlue

.Columns("A:Z").autofit

End With

End If

Set Obj\_Hoja = Nothing

Set Obj\_Libro = Nothing

Me.MousePointer = vbDefault

Exit Sub

MsgError:

MsgBox Err.Description, vbCritical

On Error Resume Next

Set Obj\_Hoja = Nothing

Set Obj\_Libro = Nothing



Me.MousePointer = vbDefault

End Sub

Private Sub Form\_Load()

AbreTablaMantLineas

Set Dtg\_ResValUnidad.DataSource = RsTablaMantLineas

CerrarGrilla

End Sub

Private Sub CerrarGrilla()

' Bloquear Datos y Resultados

Dtg\_ResValUnidad.Columns(0).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(1).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(2).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(3).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(4).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(5).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(6).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(7).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(8).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(9).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(10).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(11).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(12).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(13).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(14).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(15).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(16).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(17).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(18).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(19).Locked = True

Dtg\_ResValUnidad.Columns(20).Locked = True

```
Dtg_ResValUnidad.Columns(22).Locked = True
Dtg_ResValUnidad.Columns(23).Locked = True
' Ocultar ID de Linea
Dtg_ResValUnidad.Columns(0).Width = 0
' Ocultar Resultados 2
'Dtg_ResValUnidad.Columns(24).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(25).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(26).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(27).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(28).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(29).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(30).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(31).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(32).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(33).Width = 0

' Ocultar Resultados 3
'Dtg_ResValUnidad.Columns(34).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(35).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(36).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(37).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(38).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(39).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(40).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(41).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(42).Width = 0
'Dtg_ResValUnidad.Columns(43).Width = 0
End Sub
```

## 5.7 MANUAL DE USUARIO

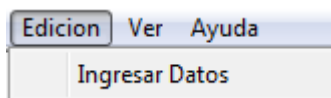
**1ero.-** Hay cuatro pestañas: **ARCHIVO, EDICION, VER, AYUDA.**

**2do.-** En **ARCHIVO**, se encuentra **SALIR.**



Te permite salir del software.

3ero.- En **EDICION**, se encuentra **INGRESAR DATOS**.



Aquí ingresaremos los datos de las líneas (**1006, 1011, 1012, 1042**) y demás líneas que pudieran existir.



Formulario de Ingreso y Calculo de Variables

Linea Circuito :

Datos 1

Distancia KM :	<input type="text"/>
Voltaje KV :	<input type="text"/>
Costo OM :	<input type="text"/>
Tipo Circuito :	<input type="text"/>
Indice Falla :	<input type="text"/>
Frecuencia Mantenimiento :	<input type="text"/>
Cargabilidad :	<input type="text"/>
Vida Util :	<input type="text"/>
Ubicacion Geografica :	<input type="text"/>
Acceso :	<input type="text"/>

Datos 2

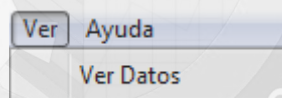
Voltaje KV :	<input type="text"/>
Tipo Circuito :	<input type="text"/>
Frecuencia Mantenimiento :	<input type="text"/>
Vida Util :	<input type="text"/>
Ubicacion Geografica :	<input type="text"/>
Acceso :	<input type="text"/>

Datos 3

Voltaje KV :	<input type="text"/>
Costo OM :	<input type="text"/>
Tipo Circuito :	<input type="text"/>
Indice Falla :	<input type="text"/>
Frecuencia Mantenimiento :	<input type="text"/>
Cargabilidad :	<input type="text"/>
Vida Util :	<input type="text"/>
Ubicacion Geografica :	<input type="text"/>
Acceso :	<input type="text"/>
Porcentaje Final	<input type="text"/>

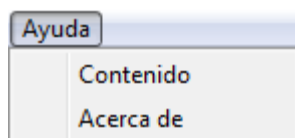
El Botón **GUARDAR**, te permite guardar los datos de las Líneas.

4to.- En **VER**, se encuentra **VER DATOS**.



En **VER DATOS**, se puede ver todos los resultados obtenidos de las diferentes Líneas, todo esto en una matriz, también hay un Botón **EXPORTAR A EXCEL**, que te permite exportar todos los resultados a Excel.

5to.- En **AYUDA**, se encuentra **CONTENIDO, ACERCA DE**.

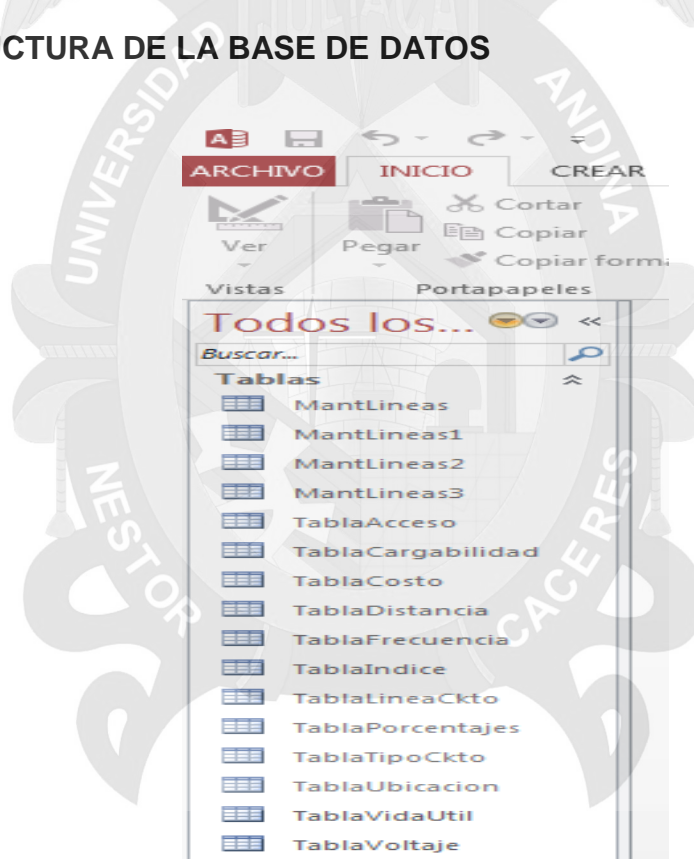


En **CONTENIDO** está el presente manual y en **ACERCA DE**, te dice que es la primera versión de **O.M.L.A.T.**

Los resultados son de la herramienta computacional O.M.L.A.T, que coincide con los resultados de la tabla (4.15.10 RESUMEN).

ResV oltaje 3	Res Cost o3	ResTi poCkt o3	Resl ndic e3	ResFre cuenci a3	ResCar gabilida d3	ResVi daUtil 3	ResUb icacon 3	ResA cceso 3	ResPo rcentaj e
35.4	9.85	11.82	2.30	7.09	5.91	5.06	4.43	3.94	85.8
35.4	17.7	11.82	4.87	7.09	5.91	5.06	2.21	3.94	94.0
35.4	15.7	11.82	0	7.09	5.91	5.06	1.47	3.94	86.5
35.4	3.9	11.82	8.86	7.09	5.91	5.06	1.10	3.94	83.1

## 5.9 ESTRUCTURA DE LA BASE DE DATOS



Estructura de la Base de Datos.

FUENTE: Elaboración Propia.

FIGURA Nº 0 68

Ver en anexos:

- ✓ La herramienta computacional O.M.L.A.T



## APLICACIÓN DE LAS LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN

## 6.1 COMPARACIÓN, MÉTODO MANUAL CON EL MÉTODO COMPUTACIONAL

## 6.2 CASO LÍNEA 1006

En ambos casos se analiza por criticidad.

## 6.3 MÉTODO MANUAL

## 6.3.1 ECUACIÓN PESO PORCENTUAL

$$W_J = \frac{\frac{1}{C_J}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}} * 100 \quad \text{DONDE: } W_J = \text{Peso Preferencial o Ponderado (Porcentual).}$$

$C_J$  = Estimación del parámetro seleccionado

(Ponderación del Centro Decisor).

$C_i$  = Sumatoria de los n parámetros evaluados.

## VOLTAJE



$$C_J = 1; n = 9.$$

$$W_{\text{Voltaje}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 35,46 \%$$

## COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO



$$C_J = 2; n = 9.$$

$$W_{\text{CostoO\&M}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 17,73 \%$$

## TIPO DE CIRCUITO



$$C_J = 3; n = 9.$$

$$W_{\text{TipoCircuito}} = \frac{3}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 11,82 \%$$

### ÍNDICE DE FALLA



$$C_J = 4; n = 9.$$

$$W_{\text{IndiceFalla}} = \frac{\frac{1}{4}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 8,86 \%$$

### FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO



$$C_J = 5; n = 9.$$

$$W_{\text{FrecuenciaMantenimiento}} = \frac{\frac{1}{5}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 7,09 \%$$

### CARGABILIDAD



$$C_J = 6; n = 9.$$

$$W_{\text{Cargabilidad}} = \frac{\frac{1}{6}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 5,91 \%$$

### VIDA ÚTIL



$$C_J = 7; n = 9.$$

$$W_{\text{VidaUtil}} = \frac{\frac{1}{7}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 5,06 \%$$

### UBICACIÓN GEOGRAFICA



$$C_J = 8; n = 9.$$

$$W_{\text{UbicacionGeografica}} = \frac{\frac{1}{8}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 4,43 \%$$



$$C_j = 9; n = 9.$$

$$W_{\text{Acceso}} = \frac{\frac{1}{9}}{\sum_{i=1}^9 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9})} * 100 = 3,94 \%$$

### 6.3.2 CÁLCULO REALIZADO PARA LA MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

Se transforma todos los datos de la matriz principal en valor por unidad.

#### ECUACIÓN DE NORMALIZACIÓN

$$N = \frac{X_i}{X_j}$$

Dónde:

N = Valor Normalizado o en por unidad (p.u).

$X_i$  = Valor seleccionado.

$X_j$  = Valor máximo del conjunto o parámetro  
(Valor Base).

#### DATOS INICIALES

Línea Y/O	Circuito	Distancia KM	Voltaje KV	Costo O&M (S/.)	Tipo de Circuito	Índice de Falla	Frecuencia de Mantenimiento	Cargabilidad	Vida Útil	Ubicación Geográfica	Acceso
1006		82,6	138	83750	5	1.21	1	0.9	3	1	1

#### VOLTAJE:



$X_i = 30KV, 69KV, 138KV, 220KV.$

$X_j = 220KV.$

$$5) N_{\text{VOLTAJE}} = \frac{30KV}{220KV} = 0.1363$$

$$6) N_{\text{VOLTAJE}} = \frac{69KV}{220KV} = 0.3136$$

$$7) N_{\text{VOLTAJE}} = \frac{138KV}{220KV} = 0.6272$$

$$8) N_{\text{VOLTAJE}} = \frac{220KV}{220KV} = 1$$

DATOS	
1	30KV
2	69KV
3	138KV
4	220KV
RESULTADOS (p.u)	
LÍNEA Y/O CRTO	VOLTAJE KV
1006	0.6272



$X_i = 83750.00, 150750.00, 134000.00, 33500.00.$

$X_j = 150750.00.$

$$5) N_{\text{COSTO O\&M}} = \frac{83750.00 \text{ SOLES}}{150750.00 \text{ SOLES}} = 0.5555$$

DATOS	
1006	83750,00
RESULTADOS (p.u)	
LINEA Y/O CRTO	COSTO O&M
1006	0,56

### TIPO DE CIRCUITO:



$X_i = 1, 2, 3, 4, 5.$

$X_j = 5.$

$$6) N_{\text{TIPO DE CIRCUITO}} = \frac{1}{5} = 0,2$$

$$7) N_{\text{TIPO DE CIRCUITO}} = \frac{2}{5} = 0,4$$

$$8) N_{\text{TIPO DE CIRCUITO}} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$9) N_{\text{TIPO DE CIRCUITO}} = \frac{4}{5} = 0,8$$

$$10) N_{\text{TIPO DE CIRCUITO}} = \frac{5}{5} = 1$$

DATOS	
1	Sistema Ramal.
2	Sistema Ramal Con Respaldo
3	Sistema Ramal Sin Respaldo.
4	Sistema Anillo Con Respaldo.
5	Sistema Anillo Sin Respaldo.
RESULTADOS (p.u)	
LINEA Y/O CRTO	TIPO DE CIRCUITO
1006	1

### INDICE DE FALLA



$X_i = 4.99, 0.99, 0.99, 4.$

$X_j = 4.99.$

$$5) N_{\text{INDICE DE FALLA}} = \frac{4.99}{4.99} = 1$$

DATOS	
1006	4,99
1011	0,99
1012	0,99
1042	4
RESULTADOS (p.u)	
LINEA Y/O CRTO	INDICE DE FALLA
1006	1

### FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO



$X_i = 1, 2.$

$X_j = 2.$

$$3) N_{\text{FRECUENCIA DE MTTO}} = \frac{1}{2} = 0,5$$

DATOS	
1	Realizado cada 2 años.
2	Realizado anualmente.
RESULTADOS (p.u)	
LINEA Y/O CRTO	FREC. MTTO
1006	0,5



$$X_i = 0,9, 0,9, 0,9, 0,9.$$

$$X_j = 0,9.$$

$$2) N_{\text{CARGABILIDAD}} = \frac{0,9}{0,9} = 1$$

1006	0,9
1011	0,9
1012	0,9
1042	0,9
<b>RESULTADOS (p.u)</b>	
<b>LINEA Y/O CRTO</b>	<b>CARGABILIDAD</b>
1006	1

### VIDA ÚTIL



$$X_i = 1, 2, 3, 4, 5.$$

$$X_j = 5.$$

$$6) N_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{1}{5} = 0,2$$

$$7) N_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{2}{5} = 0,4$$

$$8) N_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{3}{5} = 0,6$$

<b>DATOS</b>	
1	0 - 10 años.
2	10 - 20 años.
3	20 - 30 años.
4	30 - 40 años.
5	Mayor a 40 años.
<b>RESULTADOS (p.u)</b>	
<b>LINEA Y/O CRTO</b>	<b>VIDA ÚTIL</b>
1006	0,6

### UBICACIÓN GEOGRAFICA



$$X_i = 1, 2, 3, 4.$$

$$X_j = 4.$$

$$5) N_{\text{UBIC. GEOGRAFICA}} = \frac{1}{4} = 0,25$$

<b>DATOS</b>	
1	Tintaya – Ayaviri.
2	Azangaro - Juliaca
3	Juliaca – Puno.
4	Ayaviri – Azángaro.
<b>RESULTADOS (p.u)</b>	
<b>LINEA Y/O CRTO</b>	<b>UBIC. GEOGRAFICA</b>
1006	0,25

### ACCESO



$$X_i = 1, 2, 3, 4, 5.$$

$$X_j = 5.$$

$$1) N_{\text{ACCESO}} = \frac{1}{5} = 0,2$$



1	Con acceso libre, sin dificultad.
2	Con acceso libre, con dificultad.
3	Con acceso restringido, bajo condiciones urbanas (Barrios o Zonas Populares).
4	Con acceso restringido, bajo condiciones ambientales (Zona Montañosa).
5	Con acceso limitado, bajo condiciones urbanas, ambientales y dependientes de terceros (Barrios, Montaña, Propiedad Privada).
<b>RESULTADOS (p.u)</b>	
<b>LINEA Y/O CRTO</b>	<b>ACCESO</b>
1006	0,2

### RESUMEN EN VALOR POR UNIDAD

Línea Y/O Circuito	Distancia KM	Voltaje KV	Costo O&M (S/.)	Tipo de Circuito	Índice de Falla	Frecuencia de Mantenimiento	Cargabilidad	Vida Útil	Ubicación Geográfica	Acceso
1006	82,6	0,6272	0,5555	1	1	0,5	1	0,6	0,25	0,2
PESO PORCENTUAL		35.46	17.73	11.82	8.86	7.09	5.91	5.06	4.43	3.94

### 6.3.3 CALCULO REALIZADO EN LA ESTIMACION DE SUBDIVISION DE PARAMETROS

Este cálculo se realiza con la formula siguiente:

#### ECUACION PESO PONDERADO O REFERENCIAL

$$W_j = \frac{\frac{1}{C_j}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}} * 100 \quad \text{DONDE: } W_j = \text{Peso referencial o ponderado (porcentual).}$$

$C_j$  = Estimación del parámetro seleccionado.

$C_i$  = Sumatoria de los n parámetros evaluados.



$C_J = 1, 2, 3, 4; C_i = 4; n = 4.$

$$5) W_{\text{Voltaje}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^4 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4})} * 100 = 48 \%$$

$$6) W_{\text{Voltaje}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sum_{i=1}^4 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4})} * 100 = 24 \%$$

1	220KV
2	138KV
3	69KV
4	30KV
<b>RESULTADOS (%) N.T</b>	
<b>LINEA Y/O CRTO</b>	<b>VOLTAJE</b>
1006	24

### TIPO DE CIRCUITO



$C_J = 1, 2, 3, 4, 5; C_i = 5; n = 5.$

$$6) W_{\text{TIPO DE CIRCUITO}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 44 \%$$

<b>DATOS</b>	
1	Red Anillo Sin Respaldo.
2	Red Anillo Con Respaldo.
3	Red Radial Con Respaldo.
4	Red Radial Sin Respaldo.
5	Red Ramal.
<b>RESULTADOS (%) T.C</b>	
<b>LINEA Y/O CRTO</b>	<b>TIPO DE CIRCUITO</b>
1006	44

### FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO



$C_J = 1, 2; C_i = 2; n = 2.$

$$3) W_{\text{FREC. MTTO}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^2 (1 + \frac{1}{2})} * 100 = 67 \%$$

$$4) W_{\text{FREC. MTTO}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sum_{i=1}^2 (1 + \frac{1}{2})} * 100 = 33 \%$$

<b>DATOS</b>	
1	Anualmente
2	Cada 2 años
<b>RESULTADOS (%) F.M</b>	
<b>LINEA Y/O CRTO</b>	<b>FREC. MTTO</b>
1006	33



$C_j = 1, 2, 3, 4, 5; C_i = 5; n = 5.$

$$6) W_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 44 \%$$

$$7) W_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 22 \%$$

$$8) W_{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{\frac{1}{3}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 15 \%$$

DATOS	
1	Mayor a 40 años.
2	Entre 30 y 40 años.
3	Entre 20 y 30 años.
4	Entre 10 y 20 años.
5	Menores a 10 años.
RESULTADOS (%) V.U	
LINEA Y/O CRTO	VIDA ÚTIL
1006	15

## UBICACIÓN GEOGRAFICA



$C_j = 1, 2, 3, 4; C_i = 4; n = 4.$

$$5) W_{\text{UBIC. GEOGRAFICA}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^4 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4})} * 100 = 48 \%$$

DATOS	
1	Ayaviri – Azángaro.
2	Juliaca – Puno.
3	Azángaro – Juliaca.
4	Tintaya – Ayaviri.
RESULTADOS (%) N.T	
LINEA Y/O CRTO	VOLTAJE
1006	48



$C_j = 1, 2, 3, 4, 5; C_i = 5; n = 5.$

$$1) W_{\text{ACCESO}} = \frac{\frac{1}{1}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 44 \%$$

$$2) W_{\text{ACCESO}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 22 \%$$

$$3) W_{\text{ACCESO}} = \frac{\frac{1}{3}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 15 \%$$

$$4) W_{\text{ACCESO}} = \frac{\frac{1}{4}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 11 \%$$

$$5) W_{\text{ACCESO}} = \frac{\frac{1}{5}}{\sum_{i=1}^5 (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5})} * 100 = 9 \%$$

DATOS	
1	Con acceso limitado, bajo condiciones urbanas, ambientales y dependientes de terceros (Barrios, Montaña, Propiedad Privada).
2	Con acceso restringido, bajo condiciones ambientales (Zona Montañosa).
3	Con acceso restringido, bajo condiciones urbanas (Barrios o Zonas Populares).
4	Con acceso libre, con dificultad.
5	Con acceso libre, sin dificultad.
RESULTADOS (%) ACC	
LINEA Y/O CRTO	ACCESO
1006	9

Línea Y/O Circuito	Distancia KM	Voltaje KV (N.T)	Tipo de Circuito (T.C)	Frecuencia de Mantenimiento (F.M)	Vida Útil (V.U)	Ubicación Geográfica (U.G)	Acceso (ACC)
1006	82,6	24	44	33	15	48	9

### 6.3.4 CALCULO REALIZADO PARA LA CONVERSION DE LOS PORCENTAJES

Se emplea una regla de tres simple para la conversión de los valores.

#### VOLTAJE

138 KV = 24 %

Ahora se hace la conversión.

24 %  $\rightarrow$  35,46 %

24 %  $\rightarrow$  X

X = 35,46 %

RESULTADOS	
LINEA Y/O CRTO	VOLTAJE %
1006	35,46

#### COSTO O&M

1 %  $\rightarrow$  17,73 %

0,5555 %  $\rightarrow$  X

X = 9,84 %

DATOS	
1006	0,5555
1011	1
1012	0,8888
1042	0,2222
RESULTADO	
LINEA Y/O CRTO	COSTO O&M (%)
1006	9,84

#### TIPO DE CIRCUITO

44 %  $\rightarrow$  11,82 %

44 %  $\rightarrow$  X

X = 11,82 %

DATOS	
Red Anillo Sin Respaldo.	44%
Red Anillo Con Respaldo.	22%
Red Radial Con Respaldo.	15%
Red Radial Sin Respaldo.	11%
Red Ramal.	9%
RESULTADOS	
LINEA Y/O CRTO	TIPO DE CRTO (%)
1006	11.82



1 % → 8.86 %

DATOS	
1006	1
1011	0,1983
1012	0,1983
1042	0,8016
RESULTADOS	
LINEA Y/O CRTO	INDICE DE FALLA (%)
1006	8,86

### FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO

33 % → 7,09 %

33 % → X

X = 7,09 %

DATOS	
1006	33
1011	33
1012	33
1042	33
RESULTADOS	
LINEA Y/O CRTO	FREC. MTTO (%)
1006	7,09

### CARGABILIDAD

1 % → 5,91 %

1 % → X

X = 5,91 %

DATOS	
1006	1
1011	1
1012	1
1042	1
RESULTADOS	
LINEA Y/O CRTO	CARGABILIDAD (%)
1006	5,91

### VIDA ÚTIL

15 % → 5,06 %

15 % → X

X = 5,06 %

DATOS	
1006	15
1011	15
1012	15
1042	15
RESULTADOS	
LINEA Y/O CRTO	VIDA ÚTIL (%)
1006	5,06

48 % → 4,43 %

1006	48
1011	24
1012	16
1042	12
<b>RESULTADOS</b>	
<b>LINEA Y/O CRTO</b>	<b>UBIC. GEO (%)</b>
1006	4,43

## ACCESO

9 % → 3,94 %

<b>DATOS</b>	
1006	9
1011	9
1012	9
1042	9
<b>RESULTADOS</b>	
<b>LINEA Y/O CRTO</b>	<b>UBIC. GEO (%)</b>
1006	3,94

## 6.3.5 RESUMEN MÉTODO MANUAL

Línea Y/O Circuito	Distancia KM	Voltaje KV (%)	Costo O&M (\$/.) %	Tipo de Circuito (%)	Índice de Falla (%)	Frecuencia de Mantenimiento (%)	Cargabilidad (%)	Vida Útil (%)	Ubicación Geográfica (%)	Acceso (%)	Porcentaje Final (%)
1006	82,6	35,46	9,84	11,82	2,3036	7,09	5,91	5,06	4,43	3,94	85,8536

## 6.4 MÉTODO COMPUTACIONAL

Res Volta je3	Res Cost o3	Res TipoC kto3	Res Indi ce3	Res Frecuen cia3	Res Cargabili dad3	Res VidaU til3	Res Ubicaci on3	Res Acce so3	Res Porcen taje
35.4	9.8	11.82	2.30	7.09	5.91	5.06	4.43	3.94	85.8

- 1) Si el resultado esta de 60 a más, es una línea de mucha criticidad.
- 2) Si el resultado esta de 40 a 60, es una línea de bastante criticidad.
- 3) Si el resultado esta de 35 a 40, es una línea de regular criticidad.
- 4) Si el resultado esta de 0 a 35, es una línea de baja criticidad.

Los datos de los respectivos cálculos para determinar si la Línea 1006 es crítica, han sido gracias al apoyo de la empresa Red de Energía del Perú.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

La Información del Capítulo III es en base al Libro de José Gustavo Jiménez Pérez, Mantenimiento y Reparación de Redes Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, 2013.

La Metodología de este Capítulo IV se priorizo de la Tesis de Alexander Mariño Vargas: Gerencia de Activos Líneas Aéreas de Transmisión Priorización del Sistema de Transmisión de la Electricidad de Caracas. Tesis de Título. Caracas, Venezuela. Universidad Simón Bolívar, 2007.

Los datos para la jerarquización se obtuvieron gracias a la empresa privada Red de Energía del Perú, quienes me brindaron los datos a pesar de ser confidencial.

Al hacer la jerarquización de las líneas aéreas de transmisión, permite realizar acciones correctivas de forma inmediata con el propósito de garantizar la calidad de servicio y confiabilidad del sistema.

A través de la jerarquización de las líneas aéreas de transmisión se optimiza el mantenimiento en la Región Puno, una vez realizada la criticidad de las líneas se realiza el mantenimiento de las Líneas más críticas, todo está explicado detalladamente en el Capítulo VI.

La aplicación de una herramienta computacional optimiza el mantenimiento de Las Líneas Aéreas de Transmisión, permitiendo informar al usuario que Línea es la más crítica para realizarle el mantenimiento de manera inmediata.

- ✓ La optimización del mantenimiento de las líneas de transmisión empleando una Herramienta Computacional permitirá reducir sus costos.
- ✓ **La optimización del mantenimiento de las líneas de transmisión mejorara la calidad de suministro.**
- ✓ **El ahorro en el mantenimiento genera beneficios al concesionario brindando una buena calidad en el sistema eléctrico.**

Los datos del software coinciden con los datos del cálculo matemático.

Se tiene que actualizar permanentemente los datos de jerarquización a fin de obtener resultados óptimos reales y confiables.

Tener cuidado al insertar los datos en la Herramienta Computacional O.M.L.A.T, de insertar los datos erróneamente, el resultado será inexacto.

En un futuro se puede ampliar esta investigación, a la localización de la falla de manera exacta con una Herramienta Computacional.





## TESIS

- [1] Jaime Andrés Gutiérrez Gallego: Desarrollo de una Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para Líneas de Transmisión en Alta Tensión. Tesis de Título. Colombia, Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira, 2008. 9 – 63 pp.
- [2] Eduardo Walter Herrera Crisóstomo: Confiabilidad y Seguridad Mediante Variante de las Líneas de Transmisión Shelby Excelsior en 50KV – Zona de Colquijirca. Tesis de Título. Huancayo, Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú, 2012. 42-43 pp.
- [3] Jesús Edgar Huamani Cruz: Mantenimiento de Zarandas de la Planta Concentradora de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. Tesis de Título. Arequipa, Perú. Universidad Nacional de San Agustín 2009. 43-94 pp.
- [4] Alexander Mariño Vargas: Gerencia de Activos Líneas Aéreas de Transmisión Priorización del Sistema de Transmisión de la Electricidad de Caracas. Tesis de Título. Caracas, Venezuela. Universidad Simón Bolívar, 2007. 23 – 58 pp.
- [5] Jorge Pável Ordoñez Sanclemente, Leonardo Gabriel Nieto Alvarado: Mantenimiento de Sistemas Eléctricos de Distribución. Tesis de Título. Guayaquil, Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, 2010. 16 – 101 pp.
- [6] Erwin Quintero Crespo: Desarrollo de un Modelo para la Localización de Fallas en Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica Utilizando Técnicas de Inteligencia Artificial. Tesis de Maestría. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 2010. 24-29 pp.

## LIBROS

- [7] Manés Fernández Cabanas, Manuel García Melero, Gonzalo Alonso Orcajo, José Manuel Cano Rodríguez, Juan Solares Sariego. Técnicas para el Mantenimiento y Diagnóstico de Máquinas Eléctricas Rotativas. 1era edición. Barcelona: Marcombo S.A; 1998. p. 8 – 9.
- [8] Manés Fernández Cabanas, Manuel García Melero, Gonzalo Alonso Orcajo, José Manuel Cano Rodríguez, Juan Solares Sariego. Técnicas para el

Barcelona: Marcombo S.A; 1998. p. 9 – 11.

**[9]** Félix Cesáreo Gómez de León. Tecnología del Mantenimiento Industrial. 1era edición. Murcia (España); 1998. p. 28 – 29.

**[10]** José Gustavo Jiménez. Mantenimiento y Reparación de Redes Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. 1era edición. Málaga: IC Editorial; 2013. p. 1 – 150.

**[11]** Alberto Mora Gutiérrez. Mantenimiento Planeación, Ejecución y Control. 1era Edición. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A; 2009. p. 471 – 472.

**[12]** Ramón M. Mujal Rosas. Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas. 1era edición. Barcelona: Edicions UPC; 2002. p. 13 – 49.

**[13]** Jorge Ramírez R. Aplicación del Mantenimiento en Plantas Industriales. 1era edición. Monterrey: AMIME; 1967. p. 2 – 8.

**[14]** Ivan Reducindo. Diagramas Unifilares y Base de Datos. 1era edición. Perú; 2014. p. 72.

## DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS

**[15]** Estructura y Normas para la Presentación de Trabajos de Grado Estilo Vancouver, Biblioteca Facultad Nacional de Salud Pública Universidad de Antioquia. Reporte Periodo 2005; URL Disponible en: [HTTP://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/512/MODULO\\_1/Modulo\\_Escritura/Unidad\\_5/Normas\\_Vancouver\\_2005\\_Junio\\_22\\_2005\\_1\\_.pdf](HTTP://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/512/MODULO_1/Modulo_Escritura/Unidad_5/Normas_Vancouver_2005_Junio_22_2005_1_.pdf)

**[16]** Introducción to Visual Basic 6.0. Reporte Periodo 2008; URL Disponible en <HTTP://www.vbtutor.net/lesson1.html>

**[17]** Métodos Multicriterio en las Decisiones Logísticas, Luz Carime Urbano Guerrero. Reporte Periodo 2013; URL Disponible en: <HTTP://multicriteriologistico.blogspot.pe/2013/04/metodos-multicriterio-discreto.html>

**[18]** Métodos de Mantenimiento Mejorado, Apuntes del Acontecer Cultural en la Comarca y sus Fronteras. Reporte Periodo 2008; URL Disponible en: <HTTP://foro.elsiglodetorreon.mejorado.html>

**[19]** Fernando Ardito, Normas Vancouver. Reporte Periodo 2012; URL Disponible en: <HTTP://www.unsaac.edu.pe/vrin/archivos/22normasvancouver.pdf>

**[20]** Fabio Bautista Pérez, Normas de Vancouver para Referencias Bibliográfica; URL Disponible en:



3%A1ficas%20VANCOUVER.pdf

[21] Líneas Aéreas de Alta Tensión; URL Disponible en:  
[HTTP://www.tuveras.com/lineas/aereas/lineasaereas.htm](http://www.tuveras.com/lineas/aereas/lineasaereas.htm)

[22] Trabajos en Tensión, Manuel Ibáñez. Reporte Periodo 2013; URL Disponible en: [HTTP://es.slideshare.net/manuelibanez184007/trabajos-en-tensin](http://es.slideshare.net/manuelibanez184007/trabajos-en-tensin)

[23] Tutorial del Programa DFD. URL Disponible en:  
[HTTP://www.cs.umss.edu.bo/doc/material/mat\\_gral\\_33/TUTORIAL%20DFD.pptx](http://www.cs.umss.edu.bo/doc/material/mat_gral_33/TUTORIAL%20DFD.pptx)

[24] Evaluación y Fallas (Análisis de Eventos / Fallas). URL Disponible en:  
[HTTP://portal.coes.org.pe/WebPages/home.aspx](http://portal.coes.org.pe/WebPages/home.aspx)

[25] Visual Basic. URL Disponible en: [HTTP://msdn.microsoft.com/es-es/library/2x7h1hfk.aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/2x7h1hfk.aspx)

[26] Definición de Visual Basic en: [HTT://](http://www.definicionabc.com/tecnologia/visual-basic.php)  
<http://www.definicionabc.com/tecnologia/visual-basic.php>







Section 1: General Information										Section 2: Financial Data										Section 3: Operational Metrics										Section 4: Compliance & Reporting									
Project Overview					Key Dates					Budget Allocation					Actual Spend					Performance Indicators					Risk Assessment					Audit Trail									
ID	Name	Status	Priority	Owner	Start Date	End Date	Due Date	Allocated	Spent	Variance	Completion %	Quality Score	Efficiency Rate	Resource Util.	Compliance %	Audit Score	Report Date	Reported By	Reviewed By	Approval Status	Notes	Comments	Actions	Next Steps	Responsible	Due Date	Status	Priority	Owner										
1	Project A	Active	High	John Doe	2023-01-01	2023-12-31	2023-12-31	1000	850	150	85%	95	90%	80%	98%	92	2023-10-26	John Doe	Jane Smith	Approved	Project A is on track.	Minor delays in procurement.	Review procurement status.	Complete procurement by Nov 15.	John Doe	2023-11-15	On Track	High	John Doe										
2	Project B	On Hold	Medium	Jane Smith	2023-02-15	2024-01-31	2024-01-31	500	500	0	100%	80	75%	60%	95%	88	2023-10-26	Jane Smith	John Doe	On Hold	Project B is on hold.	No action required.	None	None	Jane Smith	2023-11-15	On Hold	Medium	Jane Smith										
3	Project C	Completed	Low	Mike Johnson	2022-03-01	2023-06-30	2023-06-30	200	200	0	100%	100	100%	100%	100%	100	2023-10-26	Mike Johnson	John Doe	Completed	Project C is completed.	All deliverables met.	None	None	Mike Johnson	2023-11-15	Completed	Low	Mike Johnson										
4	Project D	Active	High	Sarah Lee	2023-04-01	2023-11-30	2023-11-30	750	700	50	93%	90	88%	75%	97%	90	2023-10-26	Sarah Lee	John Doe	Approved	Project D is on track.	Minor delays in development.	Review development progress.	Complete development by Nov 15.	Sarah Lee	2023-11-15	On Track	High	Sarah Lee										
5	Project E	On Hold	Medium	David Kim	2023-05-01	2024-02-28	2024-02-28	600	600	0	100%	75	70%	50%	90%	85	2023-10-26	David Kim	John Doe	On Hold	Project E is on hold.	No action required.	None	None	David Kim	2023-11-15	On Hold	Medium	David Kim										





The image shows a large grid of 100 columns and 100 rows. The header row at the top contains 100 cells, each with a small icon or symbol. The footer row at the bottom contains 100 cells, each with a small icon or symbol. The grid is mostly empty, with some cells highlighted in yellow and green. A large, faint watermark 'CACU' is visible across the center of the grid.



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

Fecha de puesta en servicio	2000
Empresa Contratante	ETE SUR
Empresa Contratista Ejecutor	TECSUR S.A. ALUGA ASOCIADOS
Empresa Supervisora	CESEL
Proyecto	

[illegible]

